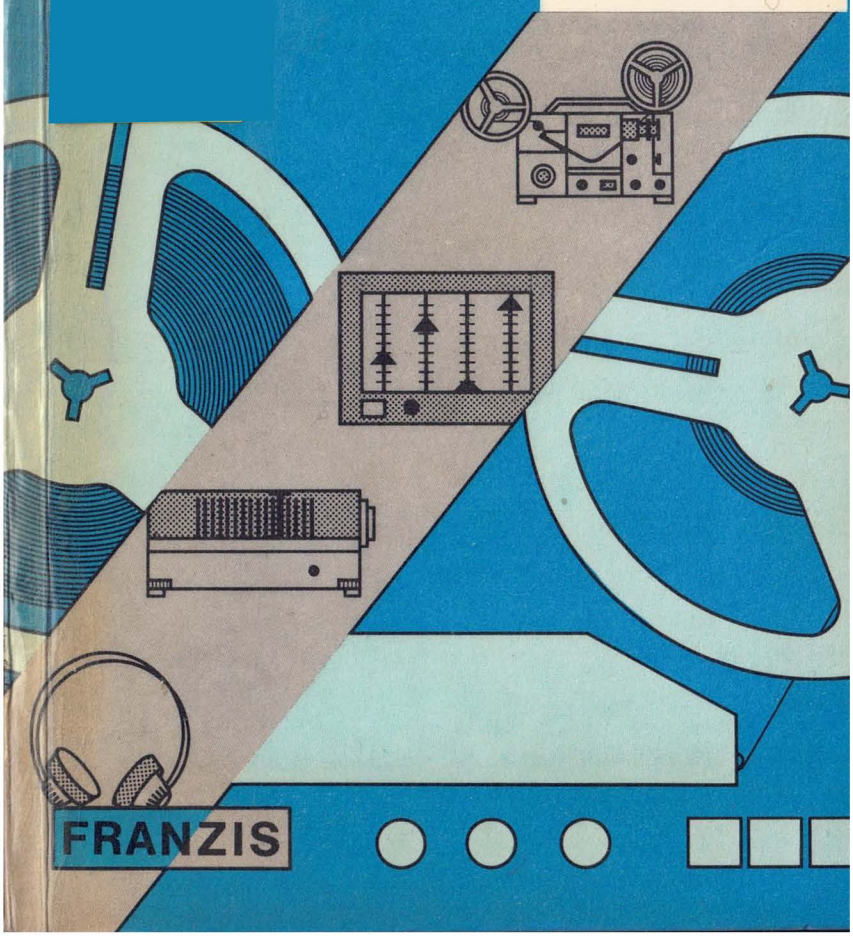
Wolfgang Junghans

Tonbandgeräte-Praxis

RPB
electronic-
taschen-
bücher
9



FRANZIS

RPB electronic-taschenbücher Titelverzeichnis

Jeder Einfach-Band umfaßt etwa 60–70 Seiten, enthält bis zu 70 Bilder und Tabellen. Mehrfach-Bände entsprechend. Die Nummer vor dem Titel ist die Bestell-Nummer. Preisänderungen und Liefermöglichkeiten vorbehalten.

Preise: Einfachband (●) DM 3.80; Doppelband (●●) DM 6.80; Dreifachband (●●●) DM 8.80; Vierfachband (●●●●) DM 11.80.

6 Antennen für Rundfunk- und Fernseh-Empfang (Mende). 13. Aufl.

7/8 Niederfrequenz-Verstärker mit Röhren und Transistoren (Kühne). 13. Aufl.

9 ●● Tonbandgeräte-Praxis (Junghans). 11. Aufl.

16 Widerstandskunde für Radio-Praktiker (Hoffmeister). 6. Aufl.

20 Methodische Fehlersuche in Rundfunkempfängern (Renardy). 13. Aufl.

22/23a Lehrgang Radiotechnik Band I (Jacobs). 11. Aufl.

24/25a desgl., Band II (Jacobs). 7. Aufl.

27/27a Rundfunkempfang mit Transistoren und Detektoren (Mende). 13. Aufl.

29/30a Kleines ABC der Elektroakustik (Büscher). 6. Aufl.

31/32 Sender-Baubuch für Kurzwellen-Amateure I. Teil (Steinhauser). 10. Aufl.

37/38 Fehlersuche durch Signalverfolgung und Signalzuführung (Renardy). 5. Aufl.

41/41a Kurzwellen- und UKW-Empfänger für Amateure Band 1. Geradeausempfänger und Standardsuper (Diefenbach). 11. Aufl.

42/42b desgl., Band 2. Spitzensuper und Transistorempfänger (Diefenbach). 2. Aufl.

43 Musikübertr.-Anlage (Kühne). 5. Aufl.

44/44b KW- und UKW-Amateurfunk-Antennen (Diefenbach). 8. Aufl.

45/46 UKW-Sender- und Empfänger-Baubuch für Amateure (Steinhauser). 7. Aufl.

50 Prakt. Antennenbau (Mende). 14. Aufl.

52/54d Fernsehempfangstechnik (Koubek). DM 18.30.

55/56a Fernsehtechnik von A bis Z (Conrad). 5. Aufl.

58 ●● Morselehrgang (Diefenbach). 9. Aufl.

59 ●● Funk-Entstörungs-Praxis (Mende). 5. Aufl.

60 Die Widerstand-Kondensator-Schaltung. Einführung in die RC-Schaltungstechnik (Schneider). 6. Aufl.

68 ●●● Kleine Elektronik-Formelsammlung (Rose). 12. Aufl.

72/73 Drahtlose Fernsteuerung von Flugmodellen (Schultheiss). 5. Aufl.

80/80c Das Spulenbuch – Hochfrequenzspulen (Sutaner). 6. Aufl.

84/84a Fernsehantennen-Praxis (Mende). 11. Aufl.

88 ●● Schliche und Kniffe für Radiopraktiker (Kühne). 6. Aufl.

93/94 Transistorschaltungen für die Modellfernsteuerung (Bruß). 6. Aufl.

97/98a Kleines Stereo-Praktikum (Kühne/Tetzner). 5. Aufl.

99 ●●● Wie arbeite ich mit dem Elektronenstrahl-Oszillografen? (Sutaner/Wißler). 8. Aufl.

100/100a Daten- und Tabellensammlung für Radiopraktiker und Elektroniker (Mende). 3. Aufl.

101 ●●● Elektronische Orgeln und ihr Selbstbau (Böhm). 5. Aufl.

Wolfgang Junghans

Tonbandgeräte-Praxis

Ein systematischer Überblick
von der Verfahrenstechnik bis zu den
Zusatz- und Hilfsgeräten

Mit 96 Abbildungen und 8 Tabellen

11., neu bearbeitete und erweiterte Auflage

FRANZIS-VERLAG MÜNCHEN

Nr. 9 der RPB electronic-taschenbücher

1973

Franzis-Verlag G. Emil Mayer KG

Sämtliche Rechte — besonders das Übersetzungsrecht — an Text und Bildern vorbehalten. Fotomechanische Vervielfältigung nur mit Genehmigung des Verlages. Jeder Nachdruck, auch auszugsweise, und jede Wiedergabe der Abbildungen, auch in verändertem Zustand, sind verboten.

Druck: G. Franz'sche Buchdruckerei G. Emil Mayer, 8 München 2, Karlstr. 35
Printed in Germany. Imprimé en Allemagne.

ISBN-3-7723-0091-X

Vorwort zur 1. bis 7. Auflage

Seit der Einführung des Hochfrequenzverfahrens hat die Magnetton-Technik einen gewaltigen Aufschwung genommen, so daß in den letzten Jahren nach Abschluß der wesentlichen Entwicklungsarbeiten Geräte, die auf das Heimgerät zusteuern, herausgebracht werden konnten. Gleichzeitig begann sich die Öffentlichkeit, nachdem sie von der Existenz solcher Geräte erfuhr, für deren Einzelheiten zu interessieren, ohne daß (sofern man von rein fachlich-wissenschaftlichen Einzelveröffentlichungen absieht) eine entsprechende, für den Amateur und technisch Vorgebildeten geeignete zusammenfassende Literatur zur Verfügung stand. Der Verfasser hat es sich zur Aufgabe gemacht, diese Lücke auszufüllen.

Das vorliegende Buch wendet sich an alle technisch Interessierten, wobei dem Inhalt nach eine gewisse Vorbildung, wie sie ein Rundfunk-Amateur haben mag, vorausgesetzt werden mußte. Dabei war eine häufig anzutreffende Unkenntnis der Grundlagen des Ferromagnetismus zu berücksichtigen, so daß diesem ein besonderes Kapitel gewidmet wurde. Hier war allerdings eine bis ins einzelne gehende Darstellung – im physikalischen Sinne – unmöglich und auch kaum erwünscht.

Von der Verstärkerseite her konnte also eine gewisse Vorbildung des Lesers vorausgesetzt werden, jedoch waren verschiedene prinzipielle Dinge, wie zum Beispiel das Zustandekommen besonderer Frequenzgänge, genauer zu behandeln, um das Verständnis zu erhöhen und dem Praktiker das benötigte Rüstzeug zu geben.

Hamburg-Othmarschen — Wolfgang Junghans

Vorwort zur 8. Auflage

Als im Jahre 1950 die erste Auflage des vorliegenden Buches erschien, konnten die Entwicklungen am Grundkonzept der Magnettontechnik als abgeschlossen gelten. Das damals entstehende Interesse von Amateuren und auch dieses Buch bauten

sich auf bestehende Studio-Anlagen auf. Heimgeräte mit den typischen Merkmalen der Großserien-Fertigung gab es noch nicht.

Seit dem Erscheinen der ersten Auflage ist eine ganze Industrie entstanden, die sich mit der Entwicklung und Herstellung von Heimgeräten befaßt. Bänder und Köpfe wurden verbessert, das Verfahren wurde wirtschaftlicher. Trickschaltungen und die Stereofonie wurden populär. Transistoren traten als neue aktive Bauelemente neben die Elektronenröhre. Es war daher erforderlich, den Band 9 der Radio-Praktiker-Bücherei dem Stand der Technik anzupassen. Historische Schaltungen blieben aber, soweit von grundsätzlichem Interesse, berücksichtigt.

Ein Tonbandgerät bis in die letzten, insbesondere mechanischen Einzelheiten selbst zu bauen, hat erheblich an Interesse verloren, zumal fertige Bausätze angeboten werden, die den Amateur der sonst notwendigen Konstruktionsarbeit entheben. Aus diesem Grunde soll das Schwesterbuch zum Band 9 der Radio Praktiker Bücherei, der Band 10/10a „Magnetbandspieler-Selbstbau", nicht wieder aufgelegt werden. Da das vorliegende Buch inhaltlich erweitert wurde, konnte es daher die Doppelnummer 9/10 erhalten.

Mit dieser 8. Auflage wird eine in wesentlichen Teilen neu verfaßte und erheblich erweiterte Ausgabe vorgelegt. Der Verfasser dankt dem Verlag und den zahlreichen Firmen, die ihn bei dieser Arbeit unterstützt haben.

Hamburg-Othmarschen Wolfgang Junghans

Vorwort zur 11. Auflage

Seit dem Erscheinen der 10. Auflage wurden dem Amateur neue Materialien, nämlich das Chromdioxidband, und Verfahren, nämlich Dolby und DNL, zugänglich. Der Inhalt des Büchleins wurde um diese Themen erweitert, um ein aktuelles Gesamtbild zu vermitteln.

Hamburg-Othmarschen Wolfgang Junghans

Inhalt

I. Einführung 7

II. Die physikalischen Grundlagen des Ferromagnetismus 11

III. Der Aufsprechvorgang 14

a) Allgemeines 14

b) Aufsprechen auf der Grenzhysteresis 17

c) Löschung und Vormagnetisierung mit Hochfrequenz 19

d) Höhe der Lösch- und Vormagnetisierungsfrequenzen 20

IV. Der Frequenzgang des Magnettonverfahrens 24

a) Frequenzabhängigkeit der Hörkopf-EMK 24

b) Der Aufsprechfrequenzgang 26

V. Schaltungen von Aufsprechverstärkern 31

a) Grundsätzliches 31

b) Ein historischer Aufsprechentzerrer 32

VI. Schaltungen von Wiedergabeverstärkern 35

a) Der Frequenzgang des Wiedergabeverstärkers 35

b) Ein historischer Wiedergabeentzerrer 37

c) Ein mit Röhren bestückter Wiedergabeverstärker 37

VII. Ein Tonbandverstärker mit integrierter Schaltung 41

a) Aufnahme 41

b) Wiedergabe 45

VIII. Voll- und Mehrspurverfahren 47

a) Vor-Band-/Über-Band-Kontrolle 47

b) Vollspurverfahren 48

c) Zweispurverfahren 49

d) Vierspurverfahren 54

e) Einblendungen mit Hilfe einer Tricktaste 54

f) Wiedergabe von fremden Tonbandaufnahmen 55

IX. Die Magnetköpfe 57

a) Allgemeines 57

b) Materialien 58

c) Bauarten 59

d) Kopfinduktivitäten 60

X. Die Bandgeschwindigkeiten 62
XI. Die Bandsorten 64
a) Konfektionierung 64
b) Eisenoxid und Chromdioxid 65
c) Magnetbänder für Heimgeräte 66
d) Weitere Bandtypen 68
e) Vorspannbänder 70
f) Das Kleben der Magnetbänder 71
XII. Grundsätzliches zum Laufwerk 74
XIII. Kopierverfahren 78
a) Kopiereffekt 78
b) Kontaktkopie im Wechselfeld 78
c) Thermokopie 80
d) Magnetton-Zackenschrift 80
e) Kopien durch Umspielen 80
XIV. Übersicht über industrielle Magnettongeräte 81
a) Ein Rückblick 81
b) Ein Viertelspur-Tonbandgerät mit Transistoren 83
c) Ein Stereo-Cassettengerät 87
d) Ein Automatik-Gerät 90
e) Ein Halbspur-Mono-Gerät für Batteriebetrieb 92
f) Ein Cassettengerät für Batteriebetrieb 96
XV. Zusatz- und Hilfsgeräte 100
a) Stereo-Tiefpaßfilter 100
b) Mischpult 100
c) Steuergerät für Diapositiv-Projektoren 102
d) Hilfsgeräte zur Schmalfilmvertonung 103
e) Schaltungen zur dynamischen Rauschverminderung 109
f) Wickelkerne, Spulen und Kassetten 112
XVI. Gerätemessungen 119
a) Laufwerk 119
b) Verstärker 120
Anhang 124
Umrechnungstafel dB – Neper – Spannungsverhältnis 125
Verzeichnis von Normblättern 126
Literaturverzeichnis 128
Anschriftenverzeichnis 130
Sachverzeichnis 131

I. Einführung

Als der dänische Funkpionier *Valdemar Poulsen* um die Jahrhundertwende die Möglichkeit der Schallaufnahme auf magnetische Tonträger zeigte, legte er damit den Grundstein für unsere neuzeitlichen Magnettongeräte. Zur Zeit der Entdeckung des Verfahrens gab es noch keine Verstärkertechnik, so daß man bei Arbeiten an der Weiterentwicklung auf erhebliche Schwierigkeiten stieß. Die damals erreichte Wiedergabequalität unterlag der der mechanisch geschnittenen Schallplatte und war mit vorhandenen Mitteln nicht zu verbessern. Erst mit dem Aufkommen der Verstärkerröhren konnte an eine Weiterentwicklung des Magnettonverfahrens gedacht werden, die in den dreißiger Jahren zu serienmäßig gefertigten Geräten führte. Es waren die sogenannten Gleichstromgeräte. Die Qualität der Aufnahmen lag allerdings immer noch unter der der in Wachs geschnittenen Schallaufzeichnungen. Der große Siegeszug des Magnettonverfahrens begann erst mit der Entdeckung des Hochfrequenz-Prinzips.

Die Auswertung dieser Erkenntnisse erfolgte durch die Magnetophon-Abteilung der *AEG*. Heute befassen sich in Deutschland zahlreiche Firmen mit der Weiterentwicklung weniger des grundsätzlichen Verfahrens, als mit Konstruktionen preiswerter und verschiedenen Verwendungszwecken angepaßter Geräte.

Es sollen einige Vorteile und Anwendungsmöglichkeiten des Magnettonverfahrens angeführt werden:

Tonbänder lassen sich beliebig häufig für neue Aufnahmen wiederverwenden, wobei dann die alten gelöscht werden. Eine Qualitätsminderung tritt dabei praktisch nicht ein. Das Abhören der Aufnahme bereits während des Aufsprechvorganges erlaubt eine weitgehende Kontrolle der technischen Qualität, so daß sich Fehler sofort bemerkbar machen und abgestellt werden können.

Das Tonband läßt sich ebenso wie ein Kinofilm schneiden und kleben. Von dieser Möglichkeit wird man zur Zusammenstellung

von Hörszenen, zum Entfernen von Schaltgeräuschen, Herausschneiden von Sprechfehlern u. a. m. Gebrauch machen.

Rundfunkgesellschaften benutzen das Magnettonverfahren auch für ihre Pausenzeichenmaschinen: Bei diesen wird z. B. ein endloses Band an einem Hörkopf vorbeigeführt. Da eine Verminderung der Wiedergabequalität mit der Zeit nicht eintritt, erweist sich das Verfahren als besonders geeignet, auch gegenüber dem Lichttonverfahren, da bei diesem neben nicht so günstigen elektroakustischen Eigenschaften durch den erforderlichen Film-Entwicklungsvorgang die Aufnahme komplizierter wird als beim Magnettonverfahren.

Aus dem gleichen Grunde sind Filmgesellschaften dazu übergegangen, ihre Aufnahmen auf Magnetbandgeräten zu machen. Die Rohfilmersparnis ist erheblich, und durch Vermeidung eines häufigen Umspielens steigt die Klangqualität des fertigen Spielfilmes.

Im Fernsehen spielt das Magnettonverfahren bei den Play-Back-Produktionen eine große Rolle. Es ist das umgekehrte Verfahren der nachträglichen Synchronisation von Filmen. Schauspieler mimen synchron zu einem vorher aufgenommenen Schallereignis, etwa dem eigenen oder fremden Gesangsvortrag.

Das Problem der im Vergleich zum Ton sehr breitbandigen magnetischen Aufzeichnung von Video-, also Fernseh*bild*signalen ist ebenfalls gelöst. Künftig werden die von Natur aus analogen Signale vorteilhaft auch nach „Digitalisierung" aufgezeichnet werden können.

Einrichtungen der Flugsicherung sehen Vielspurgeräte vor, mit denen zahlreiche Kanäle der Boden/Bord-Verbindungen überwacht werden. Diese „Stenogramme" können nach unplanmäßigen Ereignissen ausgewertet werden.

An dieser Stelle soll die Aufzeichnung digitaler Signale aus der EDV auf band-, blatt- und trommelförmige Magnetträger nur erwähnt werden.

Einrichtungen der Flugsicherung sehen Vielspurgeräte vor, mit denen zahlreiche Kanäle der Boden/Bord-Verbindungen überwacht werden. Diese „Stenogramme" können nach unplanmäßigen Ereignissen ausgewertet werden.

Bei der Schallplattenherstellung wurden die Wachse früher direkt geschnitten, heute jedoch werden die Aufnahmen zunächst mit Magnettongeräten vorgenommen. Auch hier ist der Vorteil beträchtlich. Neben der leichten Transportfähigkeit der Aufnahmeapparatur und ihrer Unempfindlichkeit gegen äußere Einflüsse, wie z. B. der Temperatur im Aufnahmeraum, ist die Möglichkeit zu nennen, daß die Aufnahmen sofort abgehört werden können, was mit Wachsen[1]), die weiterverarbeitet werden sollen,

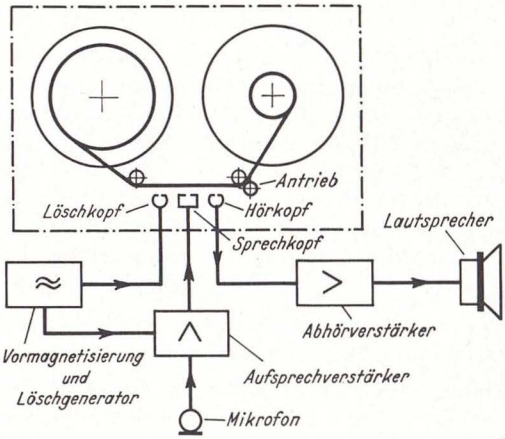


Bild 1. Prinzipieller Aufbau eines Magnettongerätes

nicht geschehen kann. Eine Qualitätsminderung der fertigen Schallplatte tritt durch das erwähnte Umschneiden nicht ein, insbesondere, wenn das an sich schon niedrige Grundrauschen des Magnettonverfahrens durch dynamische Rauschabsenkungs-Methoden weiter abgesenkt wird.

Das *Schema eines Magnettongerätes* zeigt **Bild 1.** Das Tonband läuft vom linken (Reserve-)Teller ab und wird an den Magnetköpfen vorbeigeführt. Die Bandgeschwindigkeit ist, im Gegensatz zur sich ändernden Rillengeschwindigkeit der Schallplatten, konstant. Aus diesem Grunde wird das Band von einem ge-

[1]) Heute Matrizierfolien

schwindigkeitsbestimmenden Antrieb, der in Laufrichtung gesehen hinter den Köpfen liegt, transportiert. Der rechte Bandteller wickelt das durchgelaufene Band wieder auf, seine Drehzahl ist wegen der gleichbleibenden Bandgeschwindigkeit veränderlich; das gleiche gilt selbstverständlich auch für den linken Teller.

II. Die physikalischen Grundlagen des Ferromagnetismus

Um die elektromagnetischen Vorgänge beim Löschen, Aufnehmen und Wiedergeben eines Tonbandes verstehen zu können, muß man sich über einige grundlegende Gesetze des Ferromagnetismus klar sein. Sie sollen kurz gestreift werden:

Wenn ein magnetisierbarer Körper in eine Spule getaucht wird, werden die von der mit Gleichstrom erregten Spule ausgehenden magnetischen Kraftlinien im magnetisierbaren Körper, zum Beispiel einem Eisenstab, konzentriert. Je höher die magnetische Leitfähigkeit des Stabes ist, um so größer wird die „Kraftflußdichte", die magnetische Induktion, sein. Man erhält den Zusammenhang zwischen der Erregung, also dem magnetischen Feld, und der Induktion durch die Hysteresis-Schleife, aus der sich folgende Tatsachen herleiten lassen:

1. Induktion und Feldstärke stehen in einem nichtlinearen Verhältnis zueinander. Die Kurve zeigt einen Sättigungscharakter.
2. Beim Anstieg und Abfall der Feldstärke wandert der Arbeitspunkt auf unterschiedlichen Kurven, so daß eine Schleife, eben die Hysteresis-Schleife[1]), beschrieben wird.

Je höher die erzielbare Induktion bei einer bestimmten Feldstärke ist, um so größer ist die magnetische Leitfähigkeit, die Permeabilität, ausgedrückt durch den Quotienten B/H[2]). Die verschiedenen Eigenschaften ferromagnetischer Werkstoffe gehen aus der Form der Hysteresis-Schleife hervor; von diesen Eigenschaften sind z. B. die Begriffe Remanenz, Koerzitivkraft und Permeabilität interessant.

---

[1]) υστερεω (griech.) = ich eile nach.

[2]) Feldstärke und Induktion sind „gerichtete Größen", die also zur eindeutigen Kennzeichnung nicht nur in ihrer Größe, dem Betrage, sondern auch in ihrer Richtung angegeben werden müssen. Weil aber die Richtungen von $\mathfrak{B}$ und $\mathfrak{H}$ zusammenfallen, kann auf eine Darstellung in vektorieller Form verzichtet werden; es werden die lateinischen Buchstaben *B* und *H* verwendet.

Sie sollen an Hand einer beliebigen Hysteresis-Schleife erklärt werden **(Bild 2).**

Wir nehmen einen ferromagnetischen Werkstoff und magnetisieren ihn mit Hilfe einer Spule, durch die ein Gleichstrom veränderlicher Größe und Richtung geschickt werden kann. Wie schon erwähnt, wandert der Arbeitspunkt beim Anstieg und Abfall der Gleichstromerregung auf verschiedenen Kurven, so daß die „Vorgeschichte" eines zu untersuchenden Werkstoffes bekannt sein muß. Die einfachste der Vorgeschichten ist die, daß das Probestück völlig unmagnetisch ist, also keine remanente Induktion besitzt. Wird nun die Gleichstromerregung eingeschaltet und allmählich gesteigert, wächst die Induktion an und geht allmählich in das Sättigungsgebiet über. Weil der Eisenstab zunächst unmagnetisch war, muß die Kurve im Nullpunkt, dem Koordinatenursprung, beginnen. Sie wird *jungfräulich* genannt. Bei Schwächung des Gleichstromes wandert der Punkt oberhalb der jungfräulichen Kurve zurück. Nach völliger Abschaltung der Erregung bleibt noch eine restliche, remanente Induktion erhalten, die das Kennzeichen eines Dauermagneten ist. Um die Remanenz zu beseitigen, muß die Erregung umgepolt werden. H wird dann negativ, und nach Erreichen eines bestimmten Wertes geht B auf Null zurück. Es muß also zur Beseitigung der Remanenz eine gewisse Feldstärke aufgewendet werden: Es ist die Koerzitivkraft des Probestückes zu überwinden.

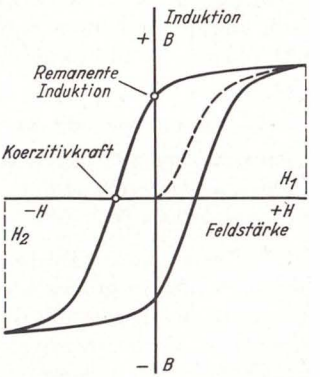


Bild 2. Jungfräuliche Magnetisierungskurve (gestrichelt) und Hysteresis-Schleife (ausgezogen)

Je steiler die Kurve an einer beliebigen Stelle verläuft, um so mehr steigt die Induktion des Werkstoffes bei Erhöhung der Feldstärke an, d. h. um so höher ist die Permeabilität, die bei ferromagnetischen Werkstoffen nicht konstant ist, sondern sich

mit der Feldstärke bzw. der zugehörigen Induktion stark ändert. Im „Werkstoff Luft" bestehen hingegen lineare Verhältnisse. Es ist einzusehen, daß in einem magnetischen Kreis, in den ein Luftspalt eingefügt wird, die resultierende Abhängigkeit $B = f(H)$ linearisiert wird, man spricht von einer „Scherung". Von dieser Möglichkeit wird bei Sprechköpfen Gebrauch gemacht, um das Tonband verhältnisgleich dem Aufsprechstrom magnetisieren zu können **(Bild 3).**

Die besprochene Hysteresis-Schleife wird erhalten, wenn die Maximalwerte des Feldes in positiver und negativer Richtung gleich, also $H_1 = H_2$ sind. Wenn mit jedem Umlauf (also mit jeder Periode, in der die Schleife einmal umfahren wird) die Maximalwerte des Feldes gesteigert werden, beschreibt der Punkt in der Kurve eine der Anzahl der Perioden entsprechende Anzahl von größer werdenden Hysteresis-Schleifen **(Bild 4),** bis das Material bei jedem Umlauf stark gesättigt wird.

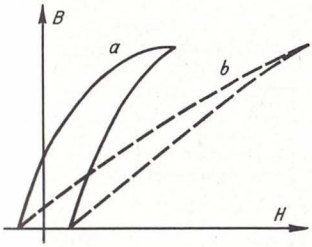


Bild 3. Die obere Hälfte der Hysteresis-Schleife eines magnetischen Kreises ohne (a) und mit Luftspalt (b)

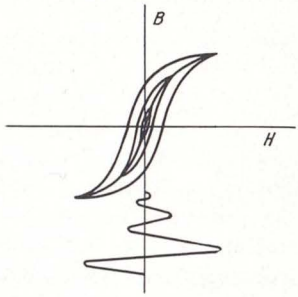


Bild 4. Induktionsverlauf bei steigendem bzw. fallendem Wechselfeld

Bei umgekehrtem Verfahren, wenn also die Maximalwerte langsam abgeschwächt werden, kommt man schließlich bei ganz kleinen Amplituden wieder im Koordinatenursprung an. Es geht hieraus hervor, daß

1. ein magnetischer Körper durch ein Wechselfeld vollständig entmagnetisiert werden kann,
2. zur Löschung die Scheitelwerte der Wechselinduktion mindestens so groß sein müssen wie die remanente Induktion, und
3. die Wechselfeld-Amplitude zur Löschung nicht plötzlich abreißen darf, sondern allmählich abklingen soll.

III. Der Aufsprechvorgang

a) Allgemeines

Wie eingangs bereits erläutert, wird das Tonband an den Lösch-, Sprech- und Hörköpfen vorbeigeführt. Während der Aufnahme wird es in jedem Falle gelöscht, auch, wenn das Band jungfräulich war. Es soll versucht werden, die physikalischen Vorgänge, die hierbei auftreten, auf einfache Weise zu erläutern, denn sie sind wichtig, um das Verhalten des Tonträgers zu verstehen.

Wir gehen von einem Ringkopf aus. In **Bild 5** ist ein solcher Kopf mit anliegendem Band gezeigt. Wir stellen uns zunächst vor, daß die angedeuteten Spulen von einem Gleichstrom durchflossen werden. Es werden sich daher in dem magnetischen

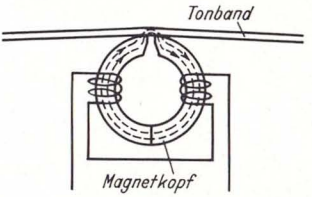


Bild 5. Ringkopf mit anliegendem Band

Material des Kopfes Kraftlinien ausbilden, deren Summe den magnetischen Kraftfluß darstellt. Der magnetische Kreis ist nicht vollkommen geschlossen, so daß der Kraftfluß aus dem Luftspalt austritt und das Band teilweise durchsetzt. Wenn das Band die gleiche magnetische Leitfähigkeit wie der Kopf besäße, würde es über den Luftspalt hinweg einen magnetischen Nebenschluß darstellen und über eine ziemlich lange Strecke beeinflußt werden (1)[1]. Im Interesse der aufzuzeichnenden hohen Frequenzen ist das jedoch unerwünscht, denn die sich ergebende wirksame Beeinflussungszone wäre sehr groß. Man wird daher die magnetische Leitfähigkeit, die Permeabilität des Kopfes, um möglichst viel größer wählen als die des Bandes. Im Grenzfall wür-

[1]) Die Zahlen in Klammern beziehen sich auf das Literaturverzeichnis Seite 128.

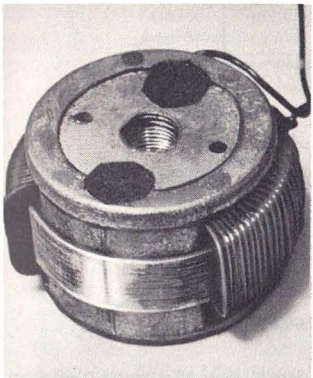


Bild 6. Ringkern-Magnetkopf

den dann die Kraftlinien nur noch über den tatsächlichen Luftspalt in das Band gelangen können. Der Sprechkopf ist somit aus einem Material hoher Permeabilität herzustellen, das Band hingegen aus einem mit geringer Permeabilität. Für den Sprechkopf ist Mu-Metall ein geeigneter Werkstoff. **Bild 6** zeigt einen Ringkern-Magnetkopf.

Wenn man die Verteilung des magnetischen Feldes über dem Luftspalt mißt, ergibt sich eine Kurve, deren grundsätzlicher Verlauf in **Bild 7** dargestellt ist (1). Es ist zu sehen, daß ein vorbeigezogenes Band einem steigenden und wiederabfallenden Feld ausgesetzt wird.

Jetzt soll ein jungfräuliches Band an dem mit Gleichstrom erregten Sprechkopf vorbeigeführt werden. Jedes Elementarmagnetchen, das für sich allein in magnetisch neutrale Masse eingebettet ist, wird das Spaltfeld des Sprechkopfes passieren und nach Verlassen desselben eine Remanenz besitzen. Das Band ist in Längsrichtung, also in seiner Laufrichtung, magnetisiert worden. **Bild 8** zeigt den Vorgang schematisch, wenn auch natürlich nicht die Kraftlinien jedes einzelnen Elementarmagnetchens dargestellt werden können. Diese Tatsache wird nur deshalb besonders bemerkt, um zu zeigen, daß das Band nicht etwa mit einem Stabmagneten zu vergleichen ist, denn auch hier liegen die Elementarmagnetchen ausgerichtet nebeneinander. Wenn nämlich ein Band mit Tonfrequenz besprochen wird, und das ist

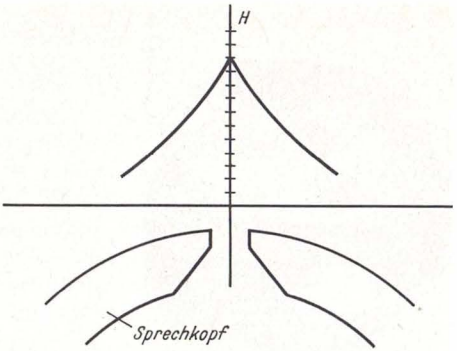


Bild 7. Feldverteilung über dem Luftspalt eines Sprechkopfes

ja schließlich das Ziel, ist die Isolation der Magnetit-Teilchen erforderlich.

Wenn statt des Gleichstromes nun ein *Wechselstrom* durch die Sprechkopfspule geschickt und angenommen wird, daß die Wellenlänge der nunmehr aufzuzeichnenden Frequenz groß gegenüber dem wirksamen Luftspalt des Sprechkopfes ist (das trifft für tiefe Frequenzen zu), wird das Streufeld des Kopfes, das in seiner Größe der Tonfrequenz entsprechend zwischen positiven und negativen Maximalwerten schwankt, die auf dem Tonträger nacheinander vorbeilaufenden Elementarmagnete verschieden stark beeinflussen. Auf dem Band ist nunmehr eine Kette verschiedener Magnetchen verteilt. **Bild 9** soll das verdeutlichen.

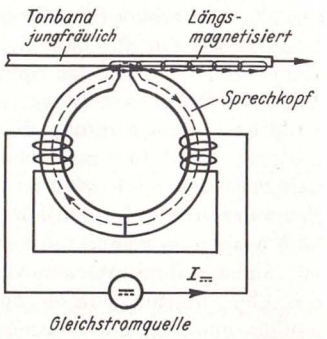


Bild 8. Schematische Darstellung der Längsmagnetisierung eines Tonbandes mit Gleichstrom

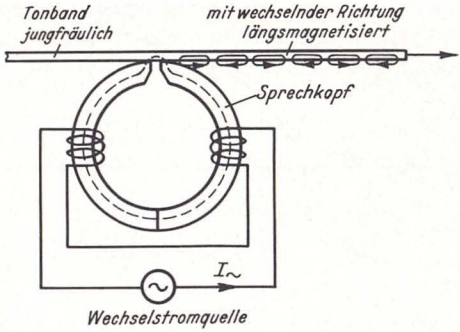


Bild 9. Längsmagnetisierung mit Wechselstrom

Bei dieser Betrachtung wurde von der Verwendung eines jungfräulichen Bandes ausgegangen. Der magnetische Arbeitspunkt lag daher im Nullpunkt der Magnetisierungskennlinie. Da nun, wie bereits erläutert, die remanente Induktion keine lineare Funktion der erregenden Feldstärke, also des Aufsprechstromes, ist, ergibt sich ein sehr starker Klirrfaktor in der Aufzeichnung. Es gibt nun zwei Wege, diese Verzerrungen zu vermeiden: Die Vormagnetisierung mit Gleichstrom oder mit Hochfrequenz. Zunächst sei das Gleichstromverfahren, das allerdings kaum noch angewendet wird, kurz erläutert.

b) Aufsprechen auf der Grenzhysteresis

Das Band wird am Luftspalt des Löschkopfes bis zur Sättigung magnetisiert. In **Bild 10** ist das Punkt 1. Anschließend läuft das Band über das Horn des Löschkopfes und erfährt dort eine Magnetisierung in negativer Richtung, so daß Punkt 3 erreicht wird. Der Sprechkopf wird in der Weise vormagnetisiert, daß das durch die Tonfrequenz verursachte Wechselfeld im Nullpunkt nach links verschoben erscheint. Punkt 3 auf der Hysteresiskurve ist so der Arbeitspunkt für den Aufsprechvorgang. Symmetrisch zu ihm schwankt das Wechselfeld, dessen Spitzenwerte durch die Punkte 4 und 5 angedeutet sind. Nach Verlassen des Sprechkopfes bleiben in den Magnetit-Teilchen des Tonträgers

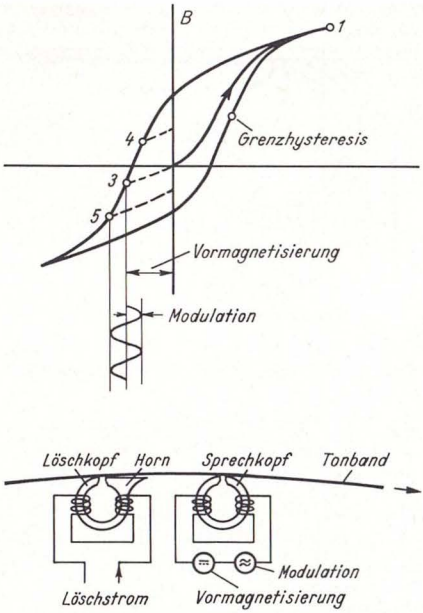


Bild 10. Arbeitsweise des Gleichstrom-Aufsprechverfahrens auf der Grenzhysteresis. Oben: Grenzhysteresis mit Arbeitspunkten. Unten: Schematische Anordnung der Magnetköpfe

remanente Induktionen, die die gewünschte Aufzeichnung darstellen[1]).

Wegen ungleichmäßiger Magnetisierung und der daraus folgenden magnetischen Inhomogenität des Tonträgers bleiben auch in Modulationspausen remanente Induktionen übrig, und das bedeutet bei der Wiedergabe ein Rauschen. Es lassen sich mit dem Gleichstromverfahren Aufnahmen mit etwa 30 bis höchstens

---

[1]) Bild 10 zeigt die Abhängigkeit $B = f$ (H). Wesentlich für die nichtlinearen Verzerrungen ist jedoch die *remanente* Induktion $B_r = f$ (H). Es läßt sich zeigen, daß im interessierenden Aussteuerungsbereich auf der Grenzhysteresis gute Proportionalität zwischen B und B_r besteht (1).

40 dB, je nach Aufnahmebedingungen, herstellen, was für manche Anwendungszwecke ausreicht. Wesentlich günstiger liegen die Verhältnisse jedoch bei dem heute fast ausschließlich angewendeten *Hochfrequenz-Verfahren.*

c) Löschung und Vormagnetisierung mit Hochfrequenz

Bei diesem Verfahren wird nur auf der jungfräulichen Magnetisierungskurve gearbeitet. Gelöscht wird mit Hilfe eines abschwellenden Wechselfeldes in ähnlicher Weise, wie sie bereits am Ende des Kapitels II erklärt wurde. Das den Löschkopf verlassende Tonband ist daher, weitgehend unabhängig von seiner besonderen Struktur, tatsächlich jungfräulich. Der gleiche Vorgang wiederholt sich am Sprechkopf, solange er nicht mit Tonfrequenz moduliert wird. Also verläßt das Tonband auch diesen Kopf in Sprechpausen mit der Magnetisierung Null.

Wird dem Sprechkopf neben der Hochfrequenz noch eine Niederfrequenz zugeführt, verschiebt sich die Null-Linie der Hf entsprechend den Modulations-Schwankungen (vgl. **Bild 11**), und im Band verbleibt eine remanente Induktion.

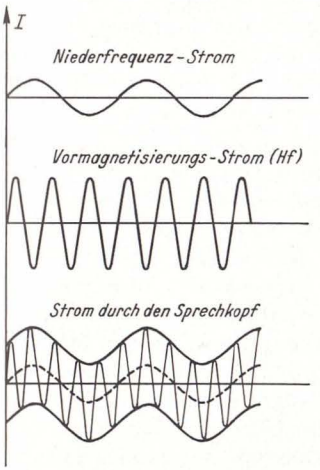


Bild 11. Darstellung einer mit Nf überlagerten Hochfrequenz. Der Vorgang hat nichts mit der Modulation der Hf z. B. in Rundfunksendern zu tun. Beim hier behandelten Verfahren werden die beiden Schwingungen einfach addiert

Mit Hilfe der Hochfrequenz-Vormagnetisierung lassen sich Aufnahmen mit einem von anderen Schallaufzeichnungsverfahren nicht erreichten Ruhegeräuschspannungsabstand (vgl. Kapitel XVI b) von, je nach technischem Gesamtaufwand, bis zu etwa 65 dB herstellen und man kommt damit in einen Bereich, der für Schallaufnahmen dynamikmäßig so günstig ist, daß eine weitere Erhöhung nur in Sonderfällen der industriellen Aufzeichnungstechnik oder bei sehr geringen Bandgeschwindigkeiten in Frage kommt.

d) Höhe der Lösch- und Vormagnetisierungsfrequenzen

Für die Höhe der *Löschfrequenz* sind verschiedene Gesichtspunkte von Bedeutung.

1. Sie muß außerhalb des Hörbereiches liegen,
2. das zu löschende Band muß ausreichend viele Ummagnetisierungen erfahren, um tatsächlich auf den jungfräulichen Zustand gelöscht zu werden,
3. die Frequenz soll so niedrig sein, daß die im Löschkopf entstehenden Hysteresis- und Wirbelstromverluste in tragbaren Grenzen bleiben.

Die zweite Bedingung wird durch Einhaltung der ersten von selbst erfüllt. Wenn eine Löschfrequenz von 35 kHz angenommen wird und man ferner annimmt, daß der wirksame Luftspalt des Löschkopfes 0,2 mm beträgt, ergeben sich bei einer Bandgeschwindigkeit von 19 cm/sec etwa 50 Ummagnetisierungen, die bei weitem ausreichen.

Für die Höhe der *Vormagnetisierungsfrequenz* gilt die Bedingung, daß die Anzahl der Hochfrequenz-Perioden groß genug gegenüber der höchsten aufzuzeichnenden Niederfrequenz ist, da sonst nichtlineare Verzerrungen in der Aufzeichnung entstehen. Nach (2) wird gefordert, daß die Vormagnetisierungsfrequenz mindestens das 5fache der oberen Grenzfrequenz des aufzunehmenden Niederfrequenzbereiches ist. Das wären also für eine bis 15 000 Hz reichende Apparatur 75 kHz. Mit Rücksicht auf Intermodulationserscheinungen und Interferenzstörungen durch Mischung der Vormagnetisierungsfrequenz mit Oberwellen des Nutzsignales an der nichtlinearen Kennlinie des Bandes soll die

Vormagnetisierungsfrequenz möglichst hoch sein. Darüberhinaus sollen Vielfache der Frequenz von 19 kHz und der Bereich um 67 kHz zur Vermeidung von Störungen bei stereofonischen Rundfunkaufnahmen nach dem FCC-System für die Vormagnetisierung nicht verwendet werden.

In den ersten Maschinen (z. B. AEG HTS) wurden zur Löschung und Vormagnetisierung getrennte Hf-Generatoren verwendet. Die Vormagnetisierungsfrequenz lag bei 80 bis 100 kHz und die Löschfrequenz bei 40 kHz. Eine erhebliche Materialersparnis bedeutet jedoch die heute übliche Verwendung eines *gemeinsamen* Generators. Außerdem erleichtern Ferrit-Löschköpfe wegen ihrer gegenüber Löschköpfen mit lamellierten Blechen beträchtlich niedrigeren Wirbelstromverluste die Speisung mit hoher Frequenz bei niedrigem Leistungsaufwand. Im Bild 44 wird ein solcher Löschkopf (Grundig) gezeigt. Im übrigen werden bei Benutzung eines einzigen Hf-Generators wiederum Interferenzstörungen, diesmal durch Oberwellen der getrennten Generatoren verursacht, vermieden.

Die Hochfrequenz wird, je nach Gerätetyp, entweder durch eine Röhren- oder eine Transistorschaltung erzeugt. Dabei ist es wichtig, daß bei bestimmter Phasenlage der 2. Harmonischen zur Grundfrequenz Rauschstörungen auftreten können.

Nach (3) läßt sich zeigen, daß bei der Form

$$i = \hat{\imath}_1 \cdot \sin \omega t + \hat{\imath}_2 \cdot \cos 2\,\omega t \qquad \textbf{(Bild 12)}$$

im Tonband ein Gleichflußglied $\frac{3}{4}\,\hat{\imath}\,{}^{3}_{1}\left(\frac{\hat{\imath}_2}{\hat{\imath}_1}\right)$ erscheint, das dieselbe Wirkung hat wie eine Gleichstrom-Magnetisierung, die im Interesse der Rauscharmut durchaus schädlich ist (vgl. III b).

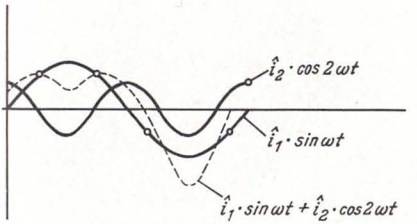


Bild 12. Eine durch zweite Harmonische verzerrte Schwingung in dieser Form hat eine Gleichstrom-Magnetisierung zur Folge

Man könnte zwar das Gleichstromglied durch eine entgegengesetzt gerichtete Gleichstrom-Vormagnetisierung kompensieren, trifft dabei aber auf den Nachteil, daß sie für jede Bandsorte besonders eingestellt werden müßte. Die Anwendung einer Gegentaktschaltung, die die zweite Harmonische bekanntlich heraushebt, ist am günstigsten.

Zur Art der Löschung im allgemeinen ist noch zu bemerken, daß sie durchaus nicht mit einem Löschkopf vorgenommen zu werden braucht, wie das für die bisherigen Betrachtungen vorausgesetzt wurde. Eine sehr einfache, wenn auch nicht so bequeme Möglichkeit der Löschung bietet die *Löschdrossel,* die mit 50-Hz-Netz-Wechselstrom gespeist wird. Da im Lichtnetz keine zweite Harmonische vorhanden ist, ist diese Art der Löschung sogar günstig. Eine solche Löschdrossel ist in **Bild 13** gezeigt. Sie wird lediglich über die zu löschende Bandspule geführt, wobei zu beachten ist, daß die Drossel nach Beendigung der Löschung erst abgeschaltet werden darf, wenn sie von der Spule weit genug entfernt ist (vgl. Schluß des II. Kapitels). Aber Armbanduhren

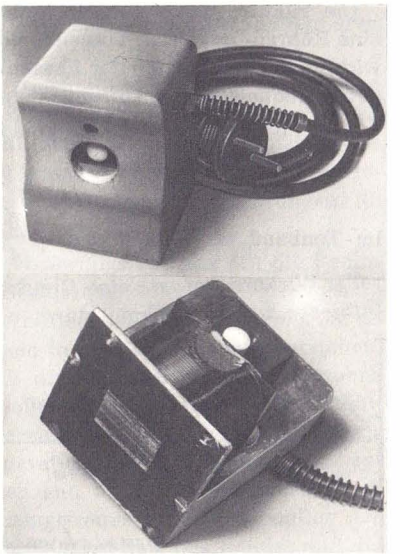


Bild 13. Eine Löschdrossel. Oben: Zusammengebaut. Unten: Der einfache Aufbau ist deutlich zu sehen. In das Eisenpaket ist ein Druckknopf eingelassen

abnehmen! Bei jeder Art der Löschung soll die Kraftlinienrichtung des Löschfeldes möglichst in der Laufrichtung des Bandes liegen, um eine völlige Entmagnetisierung des längs-magnetisierten Bandes zu erreichen. Diese Bedingung ist mit Löschdrosseln jedoch nur teilweise erfüllbar.

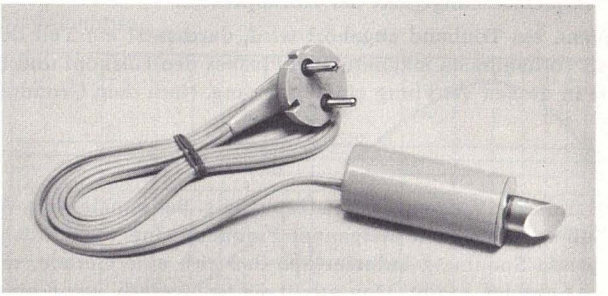


Bild 14. Die Telefunken-Entmagnetisierungsdrossel

Die Auslegung moderner Magnettongeräte und die Eigenschaften der heutigen Bänder garantieren eine einwandfreie Löschung, so daß die Benutzung einer besonderen Löschdrossel keinen Vorteil mehr bringt. Es ist aber zweckmäßig, solche Teile des Gerätes, die aus ferromagnetischem Material gefertigt sind und die mit dem Magnetband in mechanischen Kontakt treten, gelegentlich mit Hilfe eines kräftigen Wechselfeldes zu entmagnetisieren. In **Bild 14** ist die für diese Zwecke vorgesehene Telefunken-Entmagnetisierungsdrossel gezeigt.

IV. Der Frequenzgang des Magnettonverfahrens

a) Frequenzabhängigkeit der Hörkopf-EMK

Wenn ein Tonband abgehört wird, durchsetzt ein Teil des im Band vorhandenen magnetischen Flusses den Hörkopf und induziert in dessen Wicklung eine Spannung. Nach dem Grundgesetz

$$e \sim \frac{d\,\Phi}{d\,t}$$

erfolgt dieser Vorgang frequenzabhängig. Bei konstantem Wechselfluß wird also mit steigender Frequenz eine verhältnisgleich steigende Spannung induziert, so daß sich eine Gerade, wie in **Bild 15** gezeigt, ergibt. Man erhält sie im Versuch, wenn ein z. B.

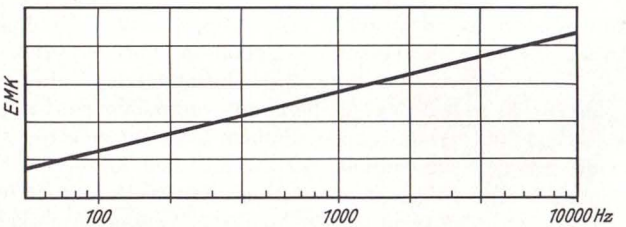


Bild 15. Nach dem Gesetz $e \sim \frac{d\Phi}{dt}$ *müßte die Hörkopfspannung linear mit der Frequenz ansteigen*

mit 1 000 Hz bei konstanter Bandgeschwindigkeit aufgenommenes Tonband nicht mit gleichbleibender Bandgeschwindigkeit abgehört, sondern mit steigender Geschwindigkeit am Hörkopf vorbeigeführt wird.

Dieser Versuch entspricht nicht den tatsächlichen Verhältnissen, bei denen die Transportgeschwindigkeiten des Tonträgers bei Aufnahme und Wiedergabe konstant sind. Wenn ein Ton-

band abgespielt wird, das zuvor mit konstantem Strom bei steigender Frequenz aufgesprochen wurde, so ergibt sich eine Frequenzcharakteristik etwa wie im **Bild 16.** Sie zeigt den zunächst erwarteten frequenzproportionalen Anstieg, also 6 dB je Oktave, bis ungefähr 3 000 Hz, bei 4 000 Hz ein Maximum und anschließend einen Abfall. Der Grund zu diesem Abfall ist in der wirksamen Spaltbreite der Köpfe zu suchen und in der sogenannten *Bandflußdämpfung*.

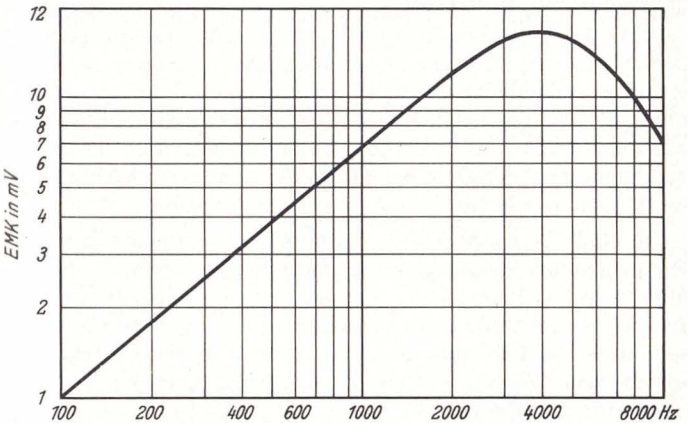


Bild 16. Die Frequenzabhängigkeit der Hörkopf-EMK unter Berücksichtigung der Luftspalte und Bandflußdämpfung

Diese Einflüsse müssen, um einen geraden Gesamt-Frequenzgang des Gerätes zu erzielen, zur Hauptsache im Wiedergabeverstärker ausgeglichen werden. Sein Frequenzgang muß berücksichtigen:

1. Den sogenannten *ω-Gang* (Bild 15), d. h., seine Verstärkungsziffer muß mit steigender Aufzeichnungsfrequenz zurückgehen. Die höchste Verstärkungsziffer liegt hiernach bei der unteren Grenzfrequenz, z. B. 40 Hz, unterhalb der der Gesamtfrequenzgang also abfallen darf.

2. Die *Spaltverluste des Hörkopfes*. Je mehr sich die aufgezeichnete Wellenlänge der Breite des wirksamen Hörkopfspaltes nähert, je weniger also von dem vorhandenen Bandfluß ausge-

nutzt wird, um so mehr muß die Verstärkungsziffer wieder ansteigen. Für diesen Anteil des erforderlichen Wiedergabeverstärker-Frequenzganges benötigt man oberhalb der unteren Grenzfrequenz (also z. B. 40 Hz) mit steigender Frequenz zunächst eine frequenzunabhängige Verstärkung bis zu der durch das Verhältnis Bandgeschwindigkeit/Wellenlänge v/λ gegebenen Frequenz, von der ab die Verstärkung steigen muß. Das gilt selbstverständlich nur bis zur oberen Grenze des Gesamt-Frequenzganges, z. B. 12 kHz.

3. Die *Bandflußdämpfung*. Je kleiner die aufgezeichnete Wellenlänge ist, um so enger liegen die kleinsten magnetisierbaren Partikel wechselnder Polarität nebeneinander. Sie zeigen die Neigung, sich gegenseitig wieder zu entmagnetisieren. Ebenso wie die Verluste am Spalt des Hörkopfes beeinflußt die Bandflußdämpfung das Gebiet kleiner Wellenlängen. Die Maßnahmen im Wiedergabeverstärker sind daher entsprechend.

Die Einflüsse 1 und 2 sind gerätebedingt, während sich im zuletztgenannten Einfluß Bandeigenschaften ausdrücken (4). In Bild 16 ist als Beispiel der Verlauf der Hörkopf-EMK gezeigt, also der Frequenzgang, der dann vorhanden ist, wenn nicht entzerrt wird. Zur Linearisierung ist es daher erforderlich, dem Aufsprech- und Wiedergabefrequenzgang einen entgegengesetzten Charakter zu verleihen.

Man könnte die Entzerrung prinzipiell auf den Wiedergabeverstärker beschränken, da wegen des ω-Ganges hier ohnehin entsprechende Vorkehrungen zu treffen sind. Die tiefen und die hohen Frequenzen müßten also stark angehoben werden. Die Verstärkung wäre damit gerade dort am größten, wo Störungen am unangenehmsten in Erscheinung treten, bei den Tiefen durch Brummen (Einstreuungen des 50-Hz-Netzes) und bei den Höhen durch Rauschen (Modulationsrauschen, Röhren- und Transistorrauschen).

b) Der Aufsprechfrequenzgang

Man bemüht sich, aus im vorstehenden Abschnitt genannten Gründen wenigstens einen Teil der Entzerrung in den Aufsprechverstärker zu verlegen. Auf diese Weise können nämlich Rausch-

und Brummabstand des Gerätes verbessert werden. Dieser Weg ist aber nur deshalb gangbar, weil das Frequenzspektrum der üblichen Sprache und Musik amplitudenmäßig nicht gleichmäßig ausgenutzt wird.

Eine etwas problematische Frage ist es nun, wie weit man bei der aufnahmeseitigen Vorentzerrung gehen darf, damit das Tonband an keiner Stelle des Tonfrequenzbereiches übersteuert wird. Die sogenannte Amplitudenstatistik ist nämlich für die verschiedenen Schallereignisse (Orchester, Charakter der Musik) keineswegs gleich, so daß die praktische Erfahrung besonders berücksichtigt werden muß.

Im Gegensatz zur Studiotechnik ist es nun bei Heimgeräten, ursprünglich aus ganz anderen Gründen, so, daß der Aussteuerungsmesser am Verstärkerausgang, sozusagen am Sprechkopf, angeschlossen ist. Die Vorentzerrung kann daher von der Anzeige mit erfaßt werden, so daß auch bei ungünstiger Amplitudenverteilung keine Übersteuerungsgefahr besteht. **Bild 17** soll das Prinzip der Anzeige im Studiogerät (oben) und im Heimgerät (unten) schematisch darstellen.

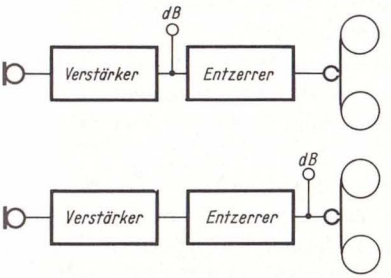


Bild 17. Prinzip der Aussteuerungskontrolle im Studio-Gerät (oben) und im Heimgerät (unten)

Für Studiogeräte, bei denen aus verständlichen Gründen die Pegelmessung unabhängig davon sein muß, in welcher Weise das Schallereignis nach der Einpegelung verwendet wird, wird man mit der aufnahmeseitigen Höhenanhebung zurückhaltender sein müssen.

Man muß den *ungünstigsten* Fall der Amplitudenstatistik berücksichtigen. Beim Heimgerät genügt es, eine angenommene

mittlere Amplitudenstatistik zugrunde zu legen, die Höhenanhebung darf also stärker sein. Wegen der bedeutend geringeren Bandgeschwindigkeit und der oft stärker unterteilten Breite des Tonbandes gewinnt dieser Gesichtspunkt natürlich an Bedeutung.

Im Interesse der Austauschbarkeit bespielter Tonbänder, deren Wiedergabe also auf Geräten verschiedener Typen und insbesondere Fabrikate ohne Qualitätseinbuße sichergestellt sein soll, wurden sogenannte *DIN-Bezugsbänder* genormt. Für diese ist der remanente Kurzschluß-Bandfluß für den Tonfrequenzbereich festgelegt. Die Aufsprechentzerrer müssen so ausgelegt werden, daß sich der angegebene Fluß einstellt. In der Praxis geht man dabei so vor, daß der für diese Zwecke aufgesprochene Frequenzteil des fertig erhältlichen DIN-Bezugsbandes mit der vorgesehenen Bandgeschwindigkeit abgespielt wird. Der Wiedergabeverstärker ist dann so abzugleichen, daß sich ein gerader Frequenzgang (vgl. Kapitel XVI b) einstellt. Anschließend wird die aufnahmeseitige Vorentzerrung in der Weise eingestellt, daß die Wiedergabe der auf den Leerteil des Bezugsbandes aufgesprochenen Meßfrequenzen möglichst gut mit der zuvor erzielten normengerechten Wiedergabe des Frequenzgangteiles des Bezugsbandes übereinstimmt.

Entsprechende Werte sind für alle üblichen Bandgeschwindigkeiten festgelegt. Eine aufnahmeseitige Tiefenanhebung ist nur für 9,5 und 4,75 cm/sec vorgesehen, da sie nur hier besonders wichtig ist.

In **Tabelle 1** ist der Verlauf des Bandflusses für die hohen Frequenzen in Form einer Zeitkonstante für die Parallel- oder auch Serienschaltung eines Widerstandes mit einer Kapazität gegeben. Auf diese Weise läßt sich ein Amplitudengang besonders im Bereich der Übergangsfrequenz ($R = R_C$) eindeutig beschreiben: Für ein Parallelglied gilt:

$$\frac{|Z|}{R} = \frac{R \parallel R_C}{R} = \frac{1}{\sqrt{1 + \omega^2\tau^2}}$$

Hierbei ist τ die Zeitkonstante

$$\tau = R \cdot C$$

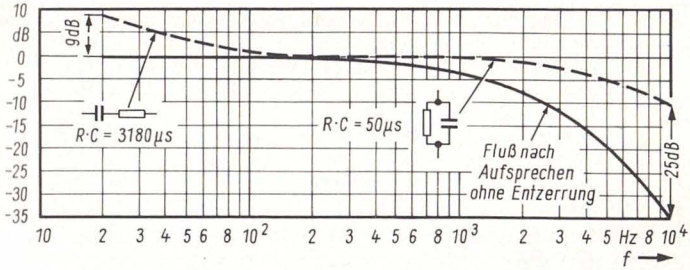


Bild 18. Remanenter magnetischer Fluß nach dem Aufsprechen mit und ohne normgerechte Vorentzerrung

Zum Vergleich mit internationalen Festlegungen sind in **Tabelle 2** vom CCIR (Comité Consultatif International des Radiocommunications) und von der NARTB (National Association of Radio and Television Broadcasters) empfohlene Zeitkonstanten aufgeführt.

In **Bild 18** ist als Beispiel gezeigt, wie sich der remanente magnetische Fluß bei konstantem Aufsprechstrom verhalten würde und welcher Verlauf gemäß DIN 45 513 Bl. 3 für 19 cm/sec gefordert wird. Bei 10 kHz muß der Aufsprechstrom um 25 dB angehoben werden.

Die Tiefenanhebung wird mit einem Serien-RC-Glied beschrieben. **Bild 19** gibt als Beispiel den geforderten Verlauf des Bandflusses für eine Bandgeschwindigkeit von 9,5 cm/sec wieder.

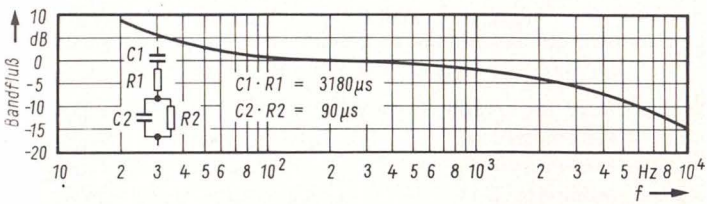


Bild 19. Genormter Verlauf des Bandflusses für eine Bandgeschwindigkeit von 9,5 cm/sec (DIN 45 513 Bl. 4)

Tabelle 1. Übersicht über den genormten Bandfluß (DIN 45 513) für verschiedene Bandgeschwindigkeiten und den nach DIN 45 511 empfohlenen Gesamtfrequenzgang. Angaben für Fe_2O_3, ⟨ ⟩ für CrO_2

Bandgeschwindigkeit		Verlauf des Bandflusses für hohe Frequenzen	Tiefenanhebung des Bandflusses	Gesamter Mindest-Frequenzbereich
4,75	$1^7/_8$	120 ⟨70⟩	1 590	80... 6 300
9,5	$3^3/_4$	90	3 180	63...10 000
19	$7^1/_2$	50	3 180	40...12 500
38	15	35	–	40...15 000
76	30	35	–	40...15 000
cm/sec	Zoll/sec	µsec	µsec	Hz

Tabelle 2. Festlegungen für den Bandfluß nach CCIR und NARTB

Norm	Bandgeschwindigkeit		Verlauf des Bandflusses für hohe Frequenzen	Tiefenanhebung des Bandflusses
CCIR	19	$7^1/_2$	70	3 180
NARTB	19	$7^1/_2$	50	3 180
CCIR	9,5	$3^3/_4$	140	3 180
NARTB	9,5	$3^3/_4$	100	3 180
	cm/sec	Zoll/sec	µsec	µsec

V. Schaltungen von Aufsprechverstärkern

a) Grundsätzliches

In Bild 18 sind als Beispiel für eine Bandgeschwindigkeit von 19 cm/sec der nichtentzerrte Bandfluß und der geforderte 50 + 3180 µsec-Frequenzgang gezeichnet. Aus der Differenz beider Kurven wurde der für den Aufsprechteil erforderliche Frequenzgang, also hier das Maß der Entzerrung, konstruiert **(Bild 20)**. Abgesehen hiervon muß der Sprechstrom konstant sein. Weil der Charakter des Sprechkopfes induktiv ist, muß also die anliegende Spannung mit der Frequenz steigen. Aus dieser Überlegung geht hervor, daß der Sprechkopf nicht in gleicher Weise

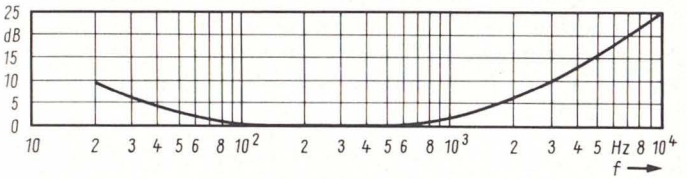


Bild 20. Aus Bild 18 konstruierte Entzerrung zur Erzielung des genormten Bandflusses

wie etwa ein Lautsprecher an die vorhergehende Verstärkerstufe angepaßt werden kann. Während Lautsprecher einen annähernd konstanten. d. h. im Übertragungsbereich frequenzunabhängigen Widerstand haben (für die hier angestellte Betrachtung mag diese Annahme genügen), steigt der Scheinwiderstand des Sprechkopfes praktisch linear mit der Frequenz.

Um nun den geforderten frequenzunabhängigen Sprechstrom zu erhalten, wird der Kopf an eine Tonfrequenzquelle mit großem Innenwiderstand, der gegebenenfalls durch einen zusätzlichen ohmschen Widerstand vergrößert wird, geschaltet. Es ist einzusehen, daß, wenn ein induktiver Widerstand mit einem ausreichend großen reellen Widerstand in Reihe geschaltet wird,

schließlich der induktive Anteil der Gesamtschaltung klein wird im Vergleich zum ohmschen Anteil. Letzterer ist aber frequenzunabhängig. Infolgedessen wird sich bei konstanter Spannung der Tonfrequenzstrom nicht mehr nennenswert ändern. **Bild 21** soll das Ersatzschaltbild des Sprechkopfkreises darstellen. Die

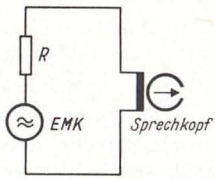


Bild 21. Ersatzschaltbild für die Speisung des Sprechkopfes mit von der Höhe der Frequenz unabhängigem Nf-Strom

Tonfrequenzquelle, die keinen inneren Widerstand haben soll, ist als Generator mit veränderlicher Frequenz, aber konstanter „Urspannung", der elektromotorischen Kraft (EMK), gezeichnet. In Serienschaltung folgen dann ein ohmscher Widerstand und der Sprechkopf, der der Einfachheit halber als rein induktiv angenommen wird. Der induktive Widerstand eines Sprechkopfes mit 20 mH ist für 100 Hz

$$R_L = \omega L = 12{,}6\ \Omega$$

und für 10 000 Hz $R_L = \omega L = 1{,}26\ \mathrm{k}\Omega$

Wenn nun ein Widerstand von vielleicht 30 kΩ vorgeschaltet wird, ist es klar, daß die Sprechkopfinduktivität keinen nennenswerten Einfluß auf den Gesamtwiderstand mehr hat. Von diesem Prinzip wird bei den Aufsprechverstärkern Gebrauch gemacht. Dabei kann der erläuterte ohmsche Widerstand tatsächlich eingebaut sein, aber auch durch den inneren Widerstand des Verstärkers dargestellt werden.

b) Ein historischer Aufsprechentzerrer

Die zunächst erforderliche Frequenzunabhängigkeit des Sprechkopfstromes wird im inzwischen historisch gewordenen AEG-Aufsprechentzerrer über den Innenwiderstand der Röhre EF 14 erreicht. Die Schaltung wird in **Bild 22** gezeigt. Der Sprechkopf

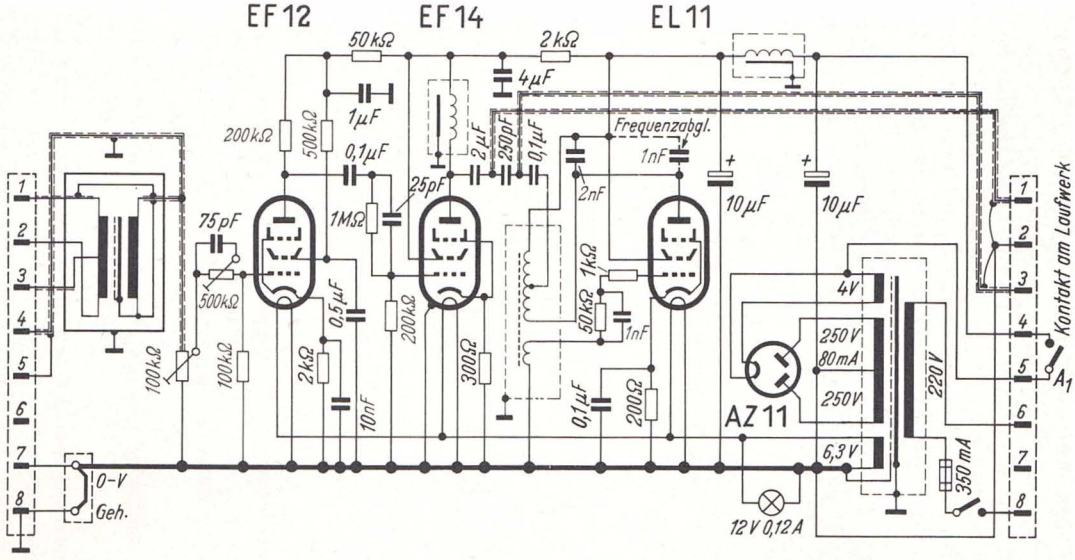


Bild 22. Die Schaltung des historischen AEG-Aufsprechentzerrers mit Röhre EF 14

ist in Drossel-Kondensator-Kopplung direkt an den Anodenkreis der Röhre EF 14 geschaltet. Eine Vorentzerrung der Höhen erfolgt durch zwei RC-Glieder, von denen eines regelbar ist. Sie liegen vor den Steuergittern der Röhren EF 12 und EF 14 und erlauben eine Anhebung der Grenzfrequenz von 10 000 Hz bis ca. 12 dB (1 : 4). Die Vormagnetisierungs- und Löschfrequenz wird in einem gemeinsamen Generator mit einer Röhre EL 11 in Meißner-Rückkopplung gewonnen. Die Hf-Speisung des Sprechkopfes erfolgt parallel zum Nf-Teil über einen Kopplungskondensator von 250 pF.

VI. Schaltungen von Wiedergabeverstärkern

a) Der Frequenzgang des Wiedergabeverstärkers

Wie bereits im Kapitel IVa besprochen, muß der Wiedergabeverstärker den ω-Gang des Hörkopfes und darüber hinaus den verbleibenden Abfall der hohen Frequenzen aufgrund der Bandflußdämpfung und der Spaltverluste ausgleichen.

Hierfür kommen grundsätzlich drei Möglichkeiten in Betracht:

1. Anordnung eines Filters zwischen Hörkopf und frequenzlinearem Verstärker (Bild 23),

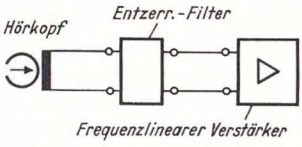


Bild 23. Prinzip einer Abhörschaltung mit entzerrendem Filter vor dem Abhörverstärker. Hinter dem Filter ist die an den Verstärker gegebene Nf frequenzunabhängig

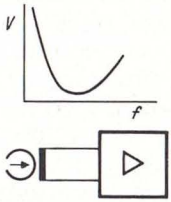


Bild 24. Hier wird der Hörkopf an einen Entzerrer-Verstärker geschaltet. Seine Frequenzcharakteristik ist angedeutet

2. als Variante zu 1. eine geeignete Frequenzabhängigkeit des Eingangswiderstandes des Verstärkers, die zusammen mit dem Impedanzverlauf des Hörkopfes die gewünschte Entzerrung bewirkt, oder
3. Betrieb des Hörkopfes im Leerlauf und Entzerrung hinter der ersten Verstärkerstufe (Bild 24).

Die erste Schaltmöglichkeit, nämlich die Zwischenschaltung eines Filters zur Linearisierung des Amplitudenganges zwischen Hörkopf und frequenzlinearem Verstärker, scheidet praktisch

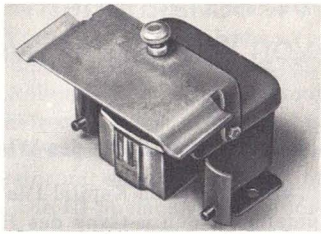


Bild 25. Der Hörkopf soll mit Mu-Metall abgeschirmt sein

aus, weil die Grunddämpfung des Filters unvermeidlich eine Verschlechterung des Verhältnisses Nutz- zu Störsignal zur Folge hätte. Überdies würde eine Rauschanpassung an den Eingang eines nachfolgenden Transistorverstärkers zusätzlich erschwert.

Bevor Beispiele für die Lösungen 2. und 3. gebracht werden, noch eine Bemerkung über Brummstörungen. Die niedrigste vom Hörkopf abgegebene Spannung (z. B. 120 µV bei 40 Hz) und seine naturgegebene Empfindlichkeit auch für unerwünschte magnetische Störfelder, die von Motoren des Laufwerks, Netztransformatoren usw. herrühren, machen eine besonders sorgfältige magnetische Abschirmung erforderlich. Das gleiche gilt für einen evtl. vorhandenen Eingangsübertrager. Als Abschirmmaterial ist Mu-Metall geeignet. Es soll den Hörkopf vollständig umgeben. Ein Deckel gestattet das Einlegen des Tonbandes. In **Bild 25** ist eine solche Hörkopf-Abschirmung gezeigt. Falls derartige Abschirmungen nicht ausreichen, liegt ein Brummen meist an ungünstiger Anordnung der streuenden Teile.

Die Möglichkeit zur *Brumm-Kompensation* sei noch erwähnt. In Serie mit dem Hörkopf wird eine kleine Spule geschaltet, die absichtlich in das störende Streufeld gebracht wird. Durch Drehen und Lageänderung der Kompensationsspule kann es erreicht werden, daß das Brummen am Verstärkerausgang ein Minimum bekommt. Dann sind Größe und Phasenlage der in die Spule induzierten Spannung entgegengesetzt gleich der Störspannung im Hörkopf, heben sie also auf.

Die Verstärker müssen sehr gut gesiebte Spannungen erhalten. Transistoren und integrierte Halbleiterschaltungen sind günstiger als Röhren, weil es keine Probleme mit der Heizung gibt.

b) Ein historischer Wiedergabeentzerrer

Die unter 2. erwähnte Entzerrungsmöglichkeit durch geeigneten Verlauf des Eingangswiderstandes wurde früher viel verwendet, und zwar durch eine Spannungsgegenkopplung einer Eingangsröhre von der Anode auf ihr Steuergitter. **Bild 26** gibt ein Beispiel. Die Gegenkopplung wirkt über die Längswiderstände 500 kΩ/1 MΩ auf den Gitterkreis, an den der Hörkopf zur Erhöhung der Eingangsspannung transformatorisch angeschlossen ist. Eine Korrektur der Höhenanhebung erfolgt mit dem Trimmer 140 pF; im Bereich tiefer Frequenzen kann mit dem im Längszweig des Gegenkopplungsweges liegenden Kondensator durch Variation seiner Kapazität ebenfalls ein Abgleich erfolgen. Der Kondensator von 50 pF zwischen Schleifer und oberem Ende des Potentiometers im Gitterkreis der zweiten Röhre dient zum Ausgleich des Höhenabfalles aufgrund der von der Schleiferstellung abhängigen schädlichen Kapazität des Potentiometers.

c) Ein mit Röhren bestückter Wiedergabeverstärker

Der unter 3. erwähnte Betrieb des Hörkopfes im Leerlauf läßt sich nur so ausführen, daß entweder aktive Bauelemente mit von Natur aus niedrigem Eingangsleitwert (Röhren, Feldeffekttransistoren) verwendet werden, oder aber schaltungstechnische Maßnahmen zur Erniedrigung eines gegebenen Eingangsleitwertes getroffen werden. Dies gälte z. B. für bipolare Transistoren und entsprechend aufgebaute integrierte Schaltungen.

Bild 27 zeigt eine einfache Röhrenschaltung. Alle nicht für die Wiedergabe wichtigen Teile wurden der Übersichtlichkeit halber fortgelassen. Der Hörkopf wird über ein RC-Glied an die brumm- und rauscharme Vorröhre EF 86 geschaltet. Die hier verstärkte Spannung wird frequenzlinear an die nachfolgende in Kaskade geschaltete Doppeltriode ECC 81 weitergegeben. Die Wiedergabeentzerrung erfolgt durch eine Spannungsgegenkopplung von der Anode der zweiten in den Katodenkreis der ersten Triode. Der Frequenzgang wird mit Hilfe des im Gegenkopplungszweig liegenden Netzwerkes, das nur aus RC-Gliedern besteht, bestimmt. Da das Gerät auf verschiedene Bandgeschwindigkeiten – 19/9,5/4,75 cm/sec – umgeschaltet werden kann, wird

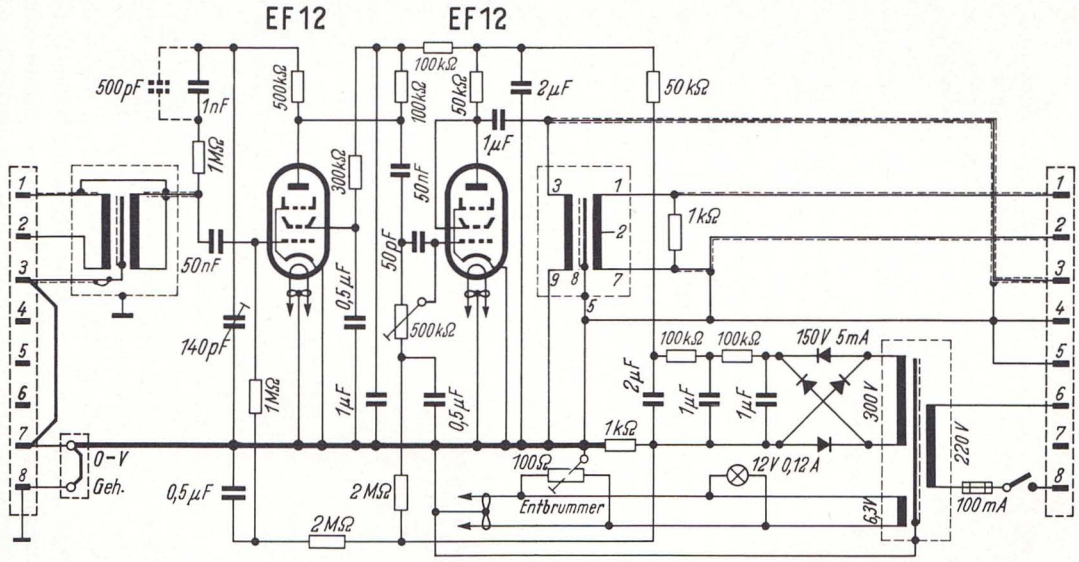


Bild 26. Der AEG-Wiedergabeentzerrer der T-8-Maschine

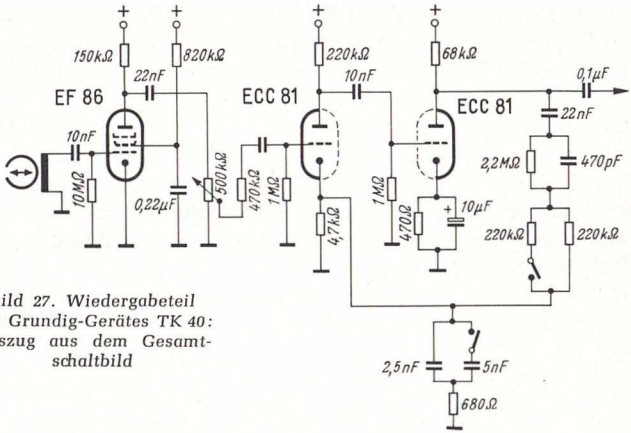


Bild 27. Wiedergabeteil des Grundig-Gerätes TK 40: Auszug aus dem Gesamtschaltbild

mit Hilfe der beiden gezeichneten Schalter der Frequenzgang entsprechend angepaßt.

Der anodenseitig angeordnete Kondensator von 22 nF dient der Trennung von der Anodengleichspannung. Das RC-Glied 2,2 MΩ/470 pF bewirkt eine oberhalb 100 Hz zunehmende Gegenkopplung, so daß die Gesamtverstärkung von hier ab stetig abnimmt. Der in **Bild 28** gezeigte Verstärkungsgang zeigt dies besonders für 19 cm/sec.

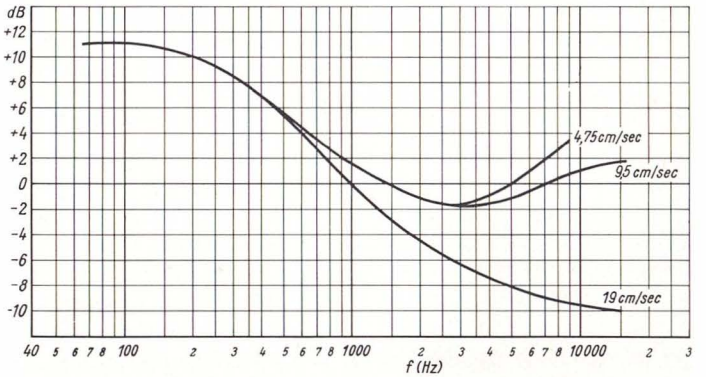


Bild 28. Frequenzgang des Verstärkers nach Bild 27

Im Gegenkopplungszweig folgen zwei Widerstände von je 220 kΩ, die bei 19 cm/sec parallel geschaltet sind. Dadurch wird die Gegenkopplung bei dieser Bandgeschwindigkeit stärker gehalten als bei den beiden übrigen.

Parallel zum Katodenwiderstand 4,7 kΩ liegt ein Serien-RC-Glied, dessen Kondensatoren 2,5 nF und 5 nF bei 9,5 cm/sec parallel geschaltet sind. Für diese Bandgeschwindigkeit ergibt sich eine niedriger liegende Grenzfrequenz der gebildeten Katodenkombination. Die Auswirkungen dieser Schaltmaßnahmen gehen aus Bild 28 deutlich hervor.

VII. Ein Tonbandverstärker mit integrierter Schaltung

Im folgenden wird ein Tonbandverstärker beschrieben, bei dem eine monolithische integrierte Schaltung im Mittelpunkt steht. **Bild 29** zeigt, wie die verschiedenen Stufen zusammenwirken. Außer der integrierten Schaltung TAA 310 (Valvo) werden noch ein herkömmlicher Lautsprecherendverstärker mit einer Eingangsempfindlichkeit für Vollaussteuerung von 600 mV und

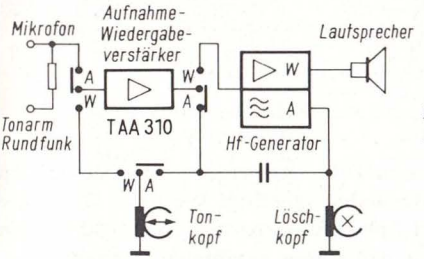


Bild 29. Anordnung der integrierten Schaltung TAA 310 in einem Tonbandgerät

ein Hochfrequenzgenerator von z. B. 100 kHz benötigt. Die Entzerrung ist für eine Bandgeschwindigkeit von 4,75 cm/sec ausgelegt. Um den Gesamtaufwand klein zu halten, wird bei Aufnahme und Wiedergabe derselbe Verstärker mit entsprechender Umschaltung seiner äußeren Elemente verwendet.

a) Aufnahme

Die Eingangsspannung (Mikrofon, Schallplatte, Rundfunkgerät) gelangt über einen Kondensator an die Basis des Eingangstransistors T 1 (Anschluß 7 in **Bild 30**). Eine Pegelregelung, die bei Betrieb als Aufnahmeverstärker erforderlich ist, wird nicht im Verstärkereingang vorgenommen, da dann das Signalrauschverhältnis verschlechtert wird und leicht Brummstörungen auftreten können.

Gemäß DIN 45 511 besteht jedoch die Anforderung, daß eine Aussteuerung des Verstärkers mit Eingangsspannungen bis zu

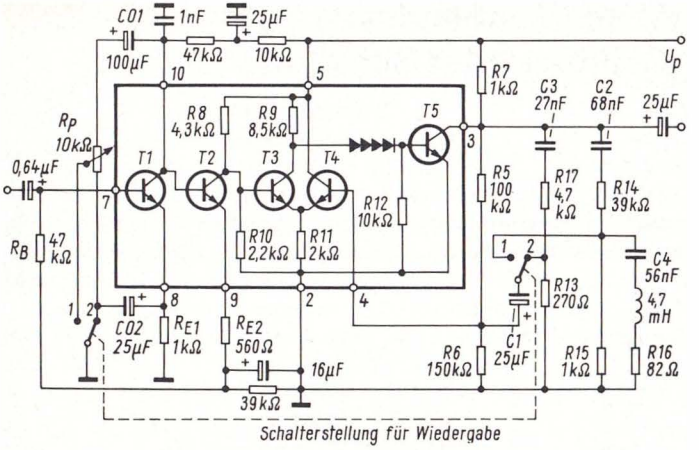


Bild 30. Beschaltung der integrierten Schaltung TAA 310

2 mV/kΩ möglich sein soll. Dies entspricht einem maximalen Eingangsstrom von 2 µA, unabhängig vom Wert des Eingangswiderstandes. Ein derart hoher Eingangsstrom kann aber vom Eingangstransistor – ohne daß starke Verzerrungen entstehen – nicht verarbeitet werden.

Die Pegeleinstellung erfolgt gemäß Schaltungsauszug **Bild 31** durch gegensinnige Vergrößerung und Verkleinerung der Wechselstrom-Kollektor- bzw. Emitterwiderstände des Transistors

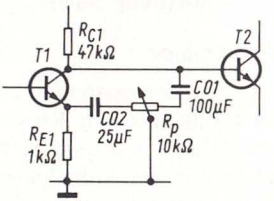


Bild 31. Pegeleinstellung bei Aufnahme

T 1. Der Kollektor von T 1 ist über die Serienschaltung von C 01, R_p und C 02 mit dem Emitter verbunden. R_p ist Pegelregler, ein Potentiometer, dessen Schleifkontakt geerdet ist. Die Kapazitätswerte von C 01 und C 02 sind so groß, daß ihre Wechselstrom-

widerstände (außer bei sehr niedrigen Frequenzen) vernachlässigt werden können. Die beiden, je nach Schleiferstellung unterschiedlichen Widerstandsanteile von R_p stellen wechselstrommäßig Nebenschlüsse zum Kollektorwiderstand R_{C1} und Emitterwiderstand R_{E1} dar. Der Einstellbereich beträgt 70 dB.

Der Kollektor von T 1 ist in direkter Kopplung mit der Basis von T 2 verbunden. Der aus den Widerständen R 8 und R 10 gebildete integrierte Spannungsteiler liefert die Referenzspannung für die Arbeitspunkteinstellung des Ausgangstransistors T 5 und bildet gleichzeitig den Kollektorwiderstand für T 2.

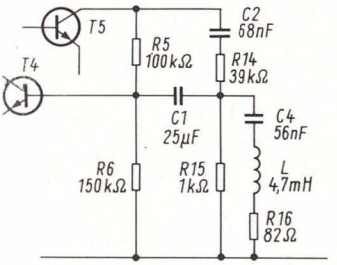


Bild 32. Gegenkopplungsnetzwerk bei Aufnahme

Die Transistoren T 3 und T 4 bilden eine Differenzverstärkerstufe. Diese Schaltungsart wurde gewählt, weil sie in einfacher Weise sowohl eine wirksame Gleich- als auch Wechselstromgegenkopplung ermöglicht. Von den beiden Transistoren ist nur T 3 an der Verstärkung beteiligt, während T 4 ausschließlich der Gegenkopplung dient, die noch ausführlich behandelt wird. Die Arbeitspunkte von T 3 und T 4 sind so eingestellt, daß in beiden Transistoren etwa die gleichen Ströme fließen, und zwar je etwa 0,35 mA.

Die Basis des Ausgangstransistors T 5 wird über eine Diodenkette angesteuert. Durch diese Ankopplungsart wird das Basispotential von T 5 gegenüber dem Kollektorpotential von T 3 so weit erniedrigt, daß der Emitter von T 5 am Massepunkt angeschlossen und damit für T 5 die volle Betriebsspannung ausgenutzt werden kann. Der Spannungsabfall über der Diodenkette beträgt etwa 2,4 V.

Der wirksame Lastwiderstand für T 5 ergibt sich aus der Parallelschaltung des Kollektorwiderstandes $R_7 = 1\ k\Omega$ mit der äußeren Belastung.

Im Aufnahmefall ist der Tonkopf angeschlossen, der wegen seiner Induktivität (z. B. $L = 40$ mH) einen stark frequenzabhängigen Widerstand darstellt. Zur Verminderung dieser Abhängigkeit wird der Tonkopf in Serie mit einem Wirkwiderstand betrieben, so daß man einen äußeren Belastungswiderstand von etwa 5 kΩ und damit einen wirksamen Kollektorlastwiderstand von etwa 800 Ω bei 1000 Hz erhält.

Zur Linearisierung des Gesamtfrequenzganges wird im Aufnahmeverstärker eine Höhenanhebung vorgenommen, die bei $f = 10$ kHz einen Maximalwert von 13 dB erreicht. Die gewünschte Höhenanhebung wird durch eine frequenzabhängige Gegenkopplung von dem Kollektor des fünften auf die Basis des vierten Transistors erzielt. Das in Schalterstellung 1 (Aufnahme) wirksame Gegenkopplungsnetzwerk ist in **Bild 32** herausgezeichnet.

C 1 dient nur der Abtrennung der Gleichspannungsgegenkopplung von dem Entzerrungsnetzwerk. Der Wechselstromwiderstand von C 1 ist für den vorliegenden Frequenzbereich vernachlässigbar klein.

Bei niedrigen Frequenzen liegt der Wechselstromwiderstand von C 2 in der Größenordnung von R 14, so daß der obere Teil des Spannungsteilers aus der Parallelschaltung von R 5 mit der Serienschaltung von $1/\omega C\,2$ und R 14 besteht. Der untere Teil des Spannungsteilers wird durch R 15 bestimmt. Sowohl R 6 als auch der Scheinwiderstand des Serienschwingungskreises – bestehend aus C 4, L, R 16 – sind groß gegenüber R 15.

Oberhalb von 1000 Hz wird $1/\omega C\,2 \ll R\,14$, gleichzeitig beginnt sich der kleiner werdende Scheinwiderstand des Serienkreises auszuwirken. Bei der Resonanzfrequenz, die bei etwa 10 000 Hz liegt, ist nur noch der Widerstand R 16 = 82 Ω wirksam und bestimmt nun wesentlich die Spannungsaufteilung mit dem Ergebnis, daß der Gegenkopplungsgrad stark verkleinert und die Verstärkung für die hohen Frequenzen entsprechend

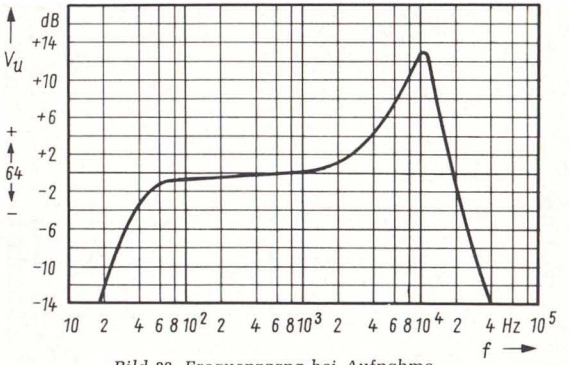


Bild 33. Frequenzgang bei Aufnahme
Die Grundverstärkung V_u beträgt 64 dB

heraufgesetzt wird. Der auf diese Weise erzielte Verstärkungsverlauf bei der Aufnahme ist in **Bild 33** dargestellt.

b) Wiedergabe

Der Eingangswiderstand des Verstärkers ist größer als 25 kΩ. Ein 40-mH-Kombikopf, der bei 10 kHz eine Impedanz von etwa 2 kΩ hat, wird daher so wenig belastet, daß er gerade noch als im Leerlauf betrieben angesehen werden kann. Das Gegenkopplungsnetzwerk wird in **Bild 34** gezeigt.

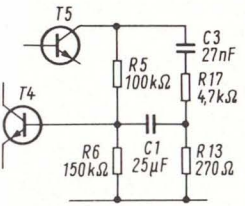


Bild 34. Gegenkopplungsnetzwerk bei Wiedergabe

Wie bei der Aufnahme erfolgt eine Gegenkopplung auf die Basis von T 4. Um eine Anhebung der niedrigen Frequenzen zu erhalten, muß in diesem Bereich die Gegenkopplung gering sein und mit steigender Frequenz zunehmen.

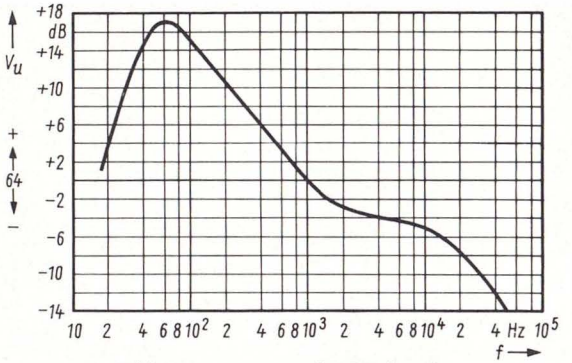


Bild 35. Frequenzgang bei Wiedergabe
Die Grundverstärkung V_u beträgt 64 dB

Für niedrigere Frequenzen wird die Spannungsteilung zur Hauptsache durch das Verhältnis R 5/R 13 bestimmt. Mit steigender Frequenz wirkt sich der Einfluß der Parallelschaltung des Serienzweiges C 3, R 17 auf R 5 in zunehmendem Maße aus, bis dann bei hohen Frequenzen $1/\omega C\,3$ zu vernachlässigen ist und R 17/R 13 das Teilerverhältnis bestimmen.

Da R 5 $\gg$ R 17 ist, kommt es zu dem gewünschten Anstieg der Gegenkopplung mit der Frequenz. Der auf diese Weise erzielte Verstärkungsverlauf ist in **Bild 35** zu sehen.

VIII. Voll- und Mehrspurverfahren

Für die bisherigen Betrachtungen war die Breite des verwendeten Tonbandes nicht wichtig. Außerdem spielte es keine Rolle, ob das Band von einer Spule ab- und auf eine andere aufgewickelt wird, oder für den Benutzer fast unsichtbar in einer Kassette läuft.

Unabhängig von der Breite des verwendeten Tonbandes – nach DIN „Magnetband 6" für Spulenbetrieb und „Magnetband 4" für Kassetten – besteht grundsätzlich die Möglichkeit, die volle Breite des Tonbandes auszunutzen oder es in mehrere Spuren zu unterteilen. Mehrspurige Aufnahmen sind im Vollspurbetrieb nicht möglich, also auch keine Stereofonie; andererseits bietet der Vollspurbetrieb hinsichtlich der erzielbaren Dynamik Vorteile, jedoch bei vergleichsweise hohem Bandverbrauch. Es ist daher eine überwiegend wirtschaftliche Frage, ob man sich für die ganze oder teilweise Ausnutzung der Breite des Tonbandes entscheidet. Die Qualität moderner Tonbänder und Tonköpfe einerseits und die Rausch- und Brummeigenschaften neuzeitlicher Verstärkerschaltungen andererseits erlauben eine weitgehende Unterteilung des Tonbandes, ohne daß an die Dynamik oder an Pegelschwankungen z. B. aufgrund gewisser Unregelmäßigkeiten der Beschichtung und sogenannter Drop-Outs unzulässige Konzessionen gemacht werden müßten. Insbesondere für Heimgeräte kommt ein Vollspurbetrieb aus Gründen der Wirtschaftlichkeit nicht mehr in Betracht, zumal der aufgezeichnete Frequenzumfang als solcher bei Unterteilung des Bandes nicht eingeschränkt wird. In Studiogeräten werden in der Regel Zweispurgeräte nur für Zwecke der Stereofonie verwendet, in Heimgeräten ebenso wie Vierspurgeräte auch für monofone Aufnahmen.

a) Vor-Band-/Über-Band-Kontrolle

In Bild 1 dieses Büchleins sind im prinzipiellen Aufbau eines Magnettongerätes drei Köpfe vorgesehen: Lösch-, Sprech- und Hörkopf. Unabhängig von der Anzahl der Spuren, in die das

Band aufgeteilt wird, gestattet es eine solche Kopfkombination, *während* des Aufzeichnungsvorganges, für den also der Löschkopf und der Sprechkopf in Funktion sind, über den Hörkopf das besprochene Band abzuhören, selbstverständlich unter der Voraussetzung, daß getrennte Aufnahme- und Wiedergabeverstärker vorhanden sind. Bei einer solchen Ausstattung ergeben sich folgende Möglichkeiten:

1. Eine Kontrolle der Aufzeichnungsqualität bereits während der Aufnahme,
2. die Ausnutzung der zeitlichen Verzögerung der Wiedergabe bei Großübertragungen, bei denen sonst Mehrfachechos auf Grund des räumlichen Abstandes der Lautsprecher auftreten würden,
3. ein „Shutter"-Effekt z. B. bei Elektrogitarren, deren Signal gleichzeitig direkt („Vor-Band") und über-Band auf einen oder zwei Lautsprecher gegeben wird. Es ergibt sich ein Einfach-Echo,
4. das vom Hörkopf stammende Signal wird mit Hilfe einer Mischeinrichtung dem Aufsprechverstärker zusätzlich zugeführt. Es ergibt sich ein Mehrfach-Echo. Die Rückführung des Hörkopfsignales muß so dosiert werden, daß sich keine Rückkopplung einstellt.

Es ist aber auch möglich, einen einzigen Kopf, einen sogenannten Kombikopf, wahlweise für Aufnahme und Wiedergabe zu verwenden. Dann entfallen die obigen Schaltmöglichkeiten, jedoch läßt sich das Gerät einfacher aufbauen, insbesondere kann anstelle der getrennten Verstärker ein entsprechend umzuschaltender Aufnahme/Wiedergabeverstärker verwendet werden.

b) Vollspurverfahren

Wie bereits erwähnt, sind stereofonische Aufnahmen bei gänzlicher Ausnutzung der Breite des Tonbandes nicht möglich. Der Materialverbrauch ist im Vergleich zur Mehrfachausnutzung naturgemäß recht hoch und die qualitativen Vorteile würden in Heimgeräten wirklich nicht ausgenutzt werden. Das Vollspurverfahren findet daher nur in Studioanlagen Verwendung, in denen es auch darauf ankommt, das Band zu „cuttern", was bei mehrspurig bespielten Bändern (außer bei im Halbspurverfah-

ren erfolgten Stereo-Aufnahmen) ohne Zerstörung der zusätzlich auf dem Band vorhandenen Aufnahmen ausgeschlossen ist. Auf Kassettengeräten kann man selbstverständlich nicht cuttern.

c) Zweispurverfahren

Die Unterteilung des Tonbandes in zwei Spuren eröffnet eine Reihe von Möglichkeiten.

1. Geräte für monofone Aufnahmen

Die einfachste Anwendung der Zweispurtechnik besteht darin, daß die Magnetköpfe nur die halbe Spaltbreite haben (wenn man hier die aus Gründen der Toleranz und der Übersprechgefahr erforderlichen Sicherheitsabstände außer acht läßt). **Bild 36** zeigt oben die Aufteilung des Bandes. Die Ansicht zeigt auf die Aufzeichnungsseite, der Betrachter nimmt also die Seite der Köpfe ein. Die Kopfspalte bestreichen die obere Seite des

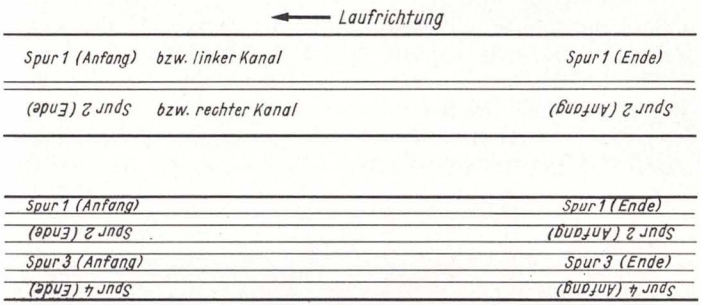


Bild 36. Normgerechte Spurlage für Zweispur- und Vierspurgeräte

Bandes, das nach dem Durchlaufen der Spur 1 vom Gerät abgenommen und umgekehrt wieder aufgelegt wird. Solche Geräte können ebenso wie die Vollspurgeräte mit getrenntem Hörkopf oder mit Kombikopf ausgestattet werden. Ihr Anwendungsbereich unterscheidet sich von diesen nicht, der Bandverbrauch ist jedoch halbiert. Ein Cuttern ist nicht möglich, es sei denn, daß man auf die Ausnutzung der zweiten Spur verzichtet. Eine Sonderausführung eines solchen Halbspurgerätes besteht in der

Verwendung von zwei Sätzen der Magnetköpfe, von denen der erste, wie beschrieben, für die obere Spur vorgesehen ist, der zweite jedoch für die untere Spur, die bei umgekehrter Laufrichtung benutzt wird. Der einzige Vorteil dieser Ausstattung liegt darin, daß die Umschaltung von Spur 1 auf Spur 2 des Bandes wesentlich schneller erfolgt, als bei sonst erforderlichem Abnehmen der Spulen, Umlegen und neuem Einlegen.

Der Vollständigkeit halber sei an dieser Stelle erwähnt, daß in Deutschland bis vor einer Reihe von Jahren die umgekehrte Spurlage verwendet wurde. Solche Bänder würden also bei heutiger, internationaler Spurlage, die auch in DIN 45 511 vorgeschrieben wird, rückwärts abgespielt werden (diese Bänder lassen sich jedoch auf Stereo-Geräten abspielen, siehe dort).

2. Geräte für stereofonische Aufnahmen

In Bild 36 ist für stereofonische Zweispuraufnahmen gezeigt, daß der linke Kanal ebenso aufgenommen wird, wie eine monofone Aufnahme auf Spur 1. Der rechte Kanal wird auf die untere Bandhälfte aufgezeichnet. Er hat demgemäß die umgekehrte Laufrichtung wie die Spur 2 im Mono-Betrieb. Hieraus ergibt sich, daß im rechten Kanal Bänder der alten Spurlage vorwärts abgespielt werden können.

Wenn ein Gerät ausschließlich zur Aufnahme und Wiedergabe stereofonischer Schallereignisse dienen soll, ist es zulässig,

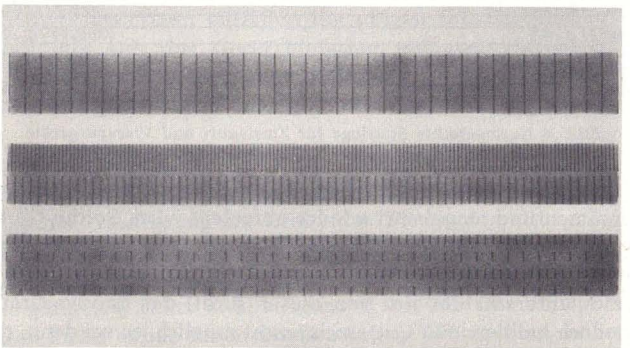


Bild 37. Sichtbar gemachte Magnetisierung der Tonspuren von 60 und 120 Hz: Vollspur-, Zweispur- und Vierspuraufzeichnungen

einen Vollspur-Löschkopf zu verwenden, da ja immer beide Spuren gleichzeitig besprochen werden. Sprech- und Hörköpfe können prinzipiell getrennt verwendet werden oder aber auch als Kombiköpfe. Da Geräte dieser Bauart wohl nur für Studioanlagen interessant sind, wird man sie jedoch mit getrennten Köpfen ausstatten, um eine zusätzliche Kontrollmöglichkeit „Über-Band" zu haben und die Köpfe optimal auf ihre Verwendung auslegen zu können.

Im übrigen ist es natürlich möglich, zwei völlig voneinander unabhängige Aufzeichnungen mit einem so ausgelegten Stereogerät zu machen, denn die Übersprecheigenschaften sind sehr günstig. Wegen des für beide Spuren gemeinsamen Löschkopfes ist aber Synchronismus beider Aufnahmen nötig.

Wesentlich universeller wird ein solches Gerät, wenn für die beiden Spuren getrennte Löschköpfe oder genauer: getrennt verwendbare Löschkopfspalte verwendet werden.

3. Geräte für stereofonische und für Trickaufnahmen

Geräte dieser Klasse besitzen für jede der beiden Spuren voneinander unabhängige Löscheinrichtungen und, je nach Ausstattung, einen Doppelspur-Kombikopf oder getrennte Doppelspur-Sprech- und Hörköpfe. Auch hier fluchten die Arbeitsspalte der Magnetköpfe, um einen Versatz der Aufnahmen auf dem Band zu vermeiden.

Geräte mit Kombiköpfen lassen sich verwenden für:
stereofonische Aufnahmen. Beide Lösch- und Sprechkopfspalte sind in Funktion;
monofone Aufnahmen unter Verwendung nur der oberen Kopfspalte. Nach Bespielen der Spur 1 wird das Band umgelegt. Das Gerät kann aber auch so ausgelegt werden, daß die Spur 2 für sich allein so besprochen wird, als ob es sich um den rechten Kanal einer Stereo-Darbietung handelt. In diesem Fall muß also das Band nach dem Durchlaufen der Spur 1 zur Fortsetzung auf Spur 2 umgespult werden. Diese Aufzeichnungsart wäre nicht normgerecht, aber sie kann in Sonderfällen interessant sein, u. a. für die folgenden Trickaufnahmen:

Playbacktechnik (= Duoplay = Synchro-Playback = Synchron-Trick). Bei dieser Betriebsart (vgl. **Bild 38**) wird in starrem Syn-

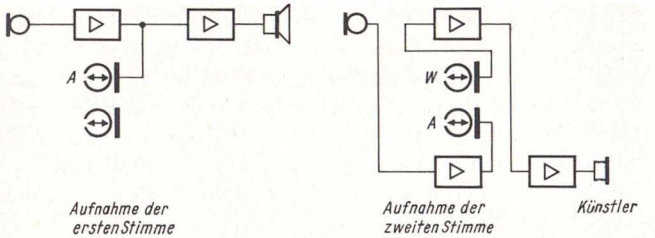


Bild 38. Playback-Aufnahme der ersten und zweiten Stimme

chronismus mit der Aufnahme auf Spur 1 eine von dieser unabhängige Aufnahme auf Spur 2 gemacht. Beispielsweise kann eine Person auf Spur 1 die erste Stimme eines Duetts singen und anschließend auf Spur 2 die zweite Stimme, wobei über einen Kopfhörer die erste Spur mitgehört wird, damit sich beide Stimmen zeitlich decken. Im Gegensatz zu der im folgenden beschriebenen Trickaufnahme enthalten die beiden Spuren die beiden Stimmen separat. Zur Wiedergabe des Duetts ist es daher erforderlich, die beiden Kanäle an geeigneter Stelle (am einfachsten die beiden Magnetkopf-Wicklungen) zusammenzuschalten:

Multiplaybacktechnik (= Multiplay = Multi-Synchron-Trick). Diese Betriebsart (vgl. **Bild 39**) unterscheidet sich vom Duoplay dadurch, daß der zweiten Spur neben der zweiten Stimme über eine Mischeinrichtung auch der dosierbare Inhalt der 1. Spur zugemischt wird. Auch hier ist es während der Aufnahme notwendig, daß der Künstler beim Besprechen der 2. Spur die 1. Spur abhört. Da der Inhalt der 1. Spur nun auch auf der

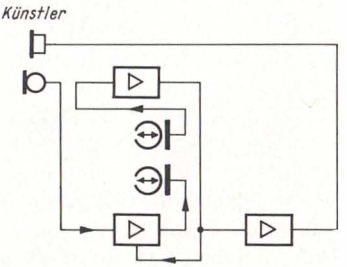


Bild 39. Multiplayback-Aufnahme der zweiten Stimme. Die erste Stimme wird ebenso wie bei Playback aufgenommen

2. Spur vorhanden ist, brauchen die beiden Kanäle zur Wiedergabe beider Stimmen nicht zusammengeschaltet zu werden. Die 1. Spur darf nach erfolgreicher Aufnahme der 2. Spur gelöscht werden. Sie steht für weitere Überspielungen, z. B. von der bereits zwei Komponenten enthaltenden 2. Spur, unter Hinzufügung eines dritten Signales zur Verfügung. Die Überspielung von der 2. auf die 1. Spur ist aber auch ohne zusätzliche Mischung dann erforderlich, wenn es darauf ankommt, wieder eine normgerechte Spurlage zu bekommen, etwa, um die Aufnahme auf einem Mono-Gerät abspielen zu können.

Geräte mit getrennten Sprech- und Hörköpfen lassen sich verwenden für:

stereofonische Aufnahmen wie vor, jedoch mit der Möglichkeit einer Kontrolle „Über-Band";

monofone Aufnahmen wie vor, jedoch mit der Möglichkeit einer Kontrolle „Über-Band";

Playback wie vor. Um den wegen des mechanischen Abstandes von Sprech- und Hörkopf entstehenden Versatz der beiden Spuren zu vermeiden, ist es jedoch nötig, beim Aufsprechen der 2. Spur die 1. Spur über ihren *Sprechkopf* abzuhören. Die Wiedergabe beider Spuren geschieht über die beiden Hörkopfspalte, die in einer Flucht liegen und damit keinen Versatz haben;

Multiplayback wie vor. Hierbei darf die 1. Spur über den Hörkopf abgetastet werden, da sich ein Versatz beider Spuren nicht auswirkt;

Einfach- und *Mehrfach-Echos* mit Hilfe der 1. Spur für augenblickliche Vorgänge oder auch für Zwecke der Aufnahme auf die 2. Spur **(Bilder 40** und **41)**.

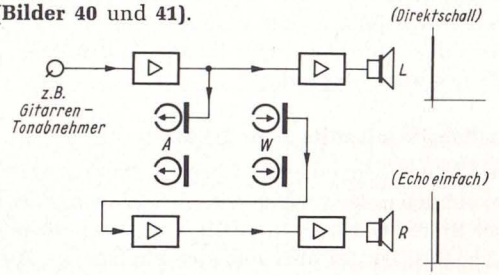


Bild 40. Die Erzeugung eines Einfach-Echos

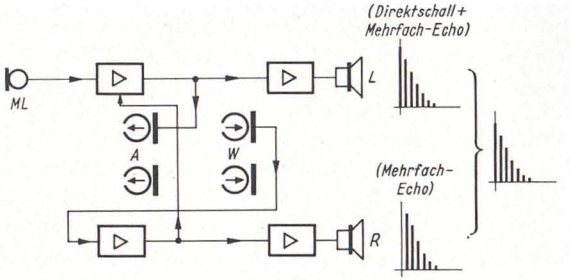


Bild 41. Die Erzeugung eines Mehrfach-Echos

d) Vierspurverfahren

In Bild 36 ist im unteren Teil gezeigt, in welcher Weise das Tonband in vier Einzelspuren, die dann eine Breite von je 1 mm haben, aufgeteilt werden kann. Auf diese Weise werden die Bandkosten auch für Stereo-Aufnahmen noch einmal halbiert. Je nach Ausbau des Gerätes, d. h. der Anzahl der zur Verfügung stehenden Verstärker, reicht die Anwendungsmöglichkeit solcher Geräte von reinem Mono-Betrieb bis zu allen Trickaufnahmen, wie sie unter c) bereits ausführlich beschrieben wurden.

Bei getrenntem Hörkopf sind in gleicher Weise *Echo-Effekte* möglich. Die Bedienung eines Vierspurgerätes unterscheidet sich von der eines Gerätes in Zweispurtechnik nur durch einen zusätzlichen Wahlschalter „Spuren 1/4“ bzw. (für die anderen Kopfspalte) „2/3“. Bei Mono-Aufnahmen beginnt man mit Spur 1, legt das Band nach Durchlauf um, so daß Spur 2 an der Reihe ist. Anschließend wird das Band wieder umgelegt und der Wahlschalter auf 2/3 gestellt, so daß nunmehr die Spur 3 besprochen wird. Nach ihrem Durchlauf wird letztmalig das Band umgelegt und die Spur 4 wird besprochen.

e) Einblendungen mit Hilfe einer Tricktaste

Auch bei reinen Mono-Geräten besteht zuweilen das Bedürfnis, Einblendungen in vorhandene Aufnahmen vorzunehmen, wie es bei Stereo-Geräten mit Hilfe von Playback oder Multiplayback möglich ist. Da aber nur eine einkanalige Ausstattung zur Verfügung steht, geht man so vor, daß das Band an der be-

treffenden Stelle noch einmal besprochen wird. Damit das Original nicht gelöscht wird, schaltet man den Löschkopf ab, während der Sprechkopf normal betrieben wird. Das Original wird bei diesem Verfahren abgeschwächt (z. B. um 10 dB). Einblendungen über die Tricktaste können naturgemäß nicht wieder rückgängig gemacht werden, Fehlaufnahmen sind daher nicht zu reparieren, was bei den beiden Playback-Techniken durch Wiederholung des Versuches ohne weiteres möglich ist.

f) Wiedergabe von fremden Tonbandaufnahmen

Unter fremden Tonbandaufnahmen sollen an dieser Stelle solche verstanden werden, die nicht nur auf einer anderen Maschine aufgenommen wurden, sondern die auch mit einer abweichenden Spurenzahl und Spurlage aufgesprochen wurden. Spulengeräte sind jedoch vorausgesetzt. **Tabelle 3** zeigt die ver-

Tabelle 3. Abspielmöglichkeiten fremder Tonbandaufnahmen

Wiedergabegerät → Aufnahme ↓	1-Spur Mono	2-Spur Mono	2-Spur Stereo	4-Spur Mono	4-Spur Stereo
1-Spur Mono	ja	ja	ja	ja	ja
2-Spur Mono	1	ja	ja	3	3
2-Spur Mono, alte Spurlage	1	nein	ja	3	3
2-Spur Stereo	2	nein	ja	nein	7
4-Spur Mono	1	4	4	ja	ja
4-Spur Stereo	5	nein	6	nein	ja

Bedeutung der Ziffern:

1: Wenn nur eine Spur aufgesprochen wurde: Ja
2: Es werden beide Kanäle addiert, also monofone Wiedergabe
3: Ja, jedoch mit Pegelverlust der unteren Spur
4: Wenn nur Spuren 1/4 oder 2/3 aufgesprochen wurden: Ja
5: Wenn nur Spuren 1 + 3 oder 2 + 4 aufgesprochen wurden: Monofone Wiedergabe wie unter 2
6: Wenn nur Spuren 1 + 3 oder 2 + 4 aufgenommen wurden: Ja
7: Wie Ziffer 3; bei spurkompatibler Aufzeichnung: Ja

schiedenen Kombinationsmöglichkeiten in übersichtlicher Weise. Ein „Nein" wurde dann gesetzt, wenn entweder die Aufnahme nur rückwärts bzw. eine Stereo-Aufnahme nur einkanalig abgehört werden kann. Die Bemerkung 3 („ja, jedoch mit Pegelverlust der unteren Spur") ergibt sich aus **Bild 42**. Aus diesem geht hervor, daß der untere Spalt eines Viertelspur-Kopfes nicht auf seiner gesamten Breite eine Halbspuraufzeichnung abdeckt (7). Bei Wiedergabe monofoner Aufnahmen ist das nicht sonderlich kritisch, wenn man von einem leichten Pegelverlust absieht,

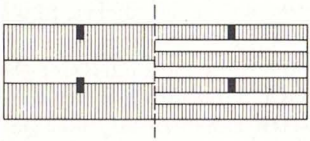


Bild 42. Der untere Spalt eines Viertelspurkopfes wird von der unteren Spur zweispurig bespielter Bänder nicht voll bestrichen. Daraus ergibt sich ein Pegelverlust, der besonders bei Stereo-Aufnahmen stören kann

der ohne weiteres ausgeglichen werden kann. Stereofonische Aufnahmen geben jedoch eine „schiefe" Wiedergabe, wenn die Anlage nicht mit Hilfe des Balance-Reglers neu eingestellt wird.

Wenn man den Sprechkopf für zweispurige Stereo-Aufnahmen in geeigneter Weise versetzt, so entsteht eine Spurlage, die zwar nicht normengerecht ist, die aber ein Abspielen eines solchen Bandes auf Zweispur- und Vierspurgeräten ermöglicht. Bei Zweispurgeräten entsteht zwar ein Pegelverlust, aber dieser ist für beide Kanäle praktisch gleich (16). Ein solches Stereo-Tonband ist „spurkompatibel".

Ein zweispurig aufgenommenes Tonband läßt sich nicht ohne weiteres mit nachträglichen Viertelspuraufnahmen auf den Spuren 1/4 *oder* 2/3 versehen, da ein Nebensprechen nicht ohne weiteres vermieden werden kann (7).

IX. Die Magnetköpfe

a) Allgemeines

An die Sprech-, Hör- und Löschköpfe werden recht unterschiedliche Anforderungen gestellt. Der Sprechkopf wird mit der tonfrequenten Modulation und der hochfrequenten Vormagnetisierungsfrequenz beaufschlagt. Bei ihm kommt es auf hinreichende Linearität Spaltfeldstärke/Erregungsstrom an, die durch Scherung, z. B. in Form eines rückwärtigen Luftspaltes, erzielt wird (vgl. Bild 3). Durch die Scherung wird die Anordnung zugleich unkritischer bezüglich eventueller Remanenzen, die zu Rauschstörungen Anlaß geben könnten. Der Arbeitsspalt ist meist 10 µm breit. Er ist so dimensioniert, daß das Tonband in seiner ganzen Schichtdicke gut durchmagnetisiert wird.

Der Kern des Hörkopfes erfährt eine nur geringe Induktion, so daß eine Scherung wie beim Sprechkopf nicht notwendig ist. Dadurch verringert sich der magnetische Widerstand und die induzierte EMK steigt. Im Interesse guter Eigenschaften bei hohen Frequenzen werden, besonders für geringe Bandgeschwindigkeiten, recht kleine Spaltbreiten, z. B. 2 oder 3 µm (mechanisch), verwendet.

Oft werden anstelle getrennter Sprech- und Hörköpfe Kombiköpfe benutzt. Hier wählt man mit Rücksicht auf den Wiedergabefrequenzgang die bei Hörköpfen üblichen Breiten des Arbeitsspaltes.

Der Löschkopf soll das Band bis weit in dessen Sättigung durchmagnetisieren, um einen großen Löscheffekt zu erhalten. Dadurch wird der Kern selbst ebenfalls mit hoher Induktion betrieben. Es kommt daher auf geringe Kernverluste bei hohen Frequenzen an. Die Spaltbreite liegt bei 0,2 mm. Zur Erhöhung der Löschdämpfung werden bevorzugt Doppelspalt-Löschköpfe verwendet. Der Spalt zwischen den Ferritpolen ist durch drei Einlagen ausgefüllt, nämlich in der Folge durch antimagnetisches, weichmagnetisches und wieder antimagnetisches Material. Das Tonband wird daher nacheinander an zwei Spalten mit hochfrequentem magnetischen Wechselfeld vorbeigeführt.

b) Materialien

Aus bereits im Kapitel IIIa dargelegten Gründen soll die Permeabilität des Kopfkern-Materials groß genug gegenüber dem entsprechenden Wert des Bandes sein, um im Interesse der hohen Frequenzen eine kleine effektive Spaltbreite zu erhalten. Es werden daher hochpermeable Legierungen, wie z. B. Mu-Metall oder Nickeleisen, verwendet. Dabei braucht der Kern für Hörköpfe wegen der geringen Induktion im allgemeinen nicht unbedingt lamelliert zu sein. Kerne für Kombi- und Sprechköpfe allerdings müssen oft lamelliert werden, weil sonst Wirbelstromverluste stören würden. Es gibt aber auch Metall-Legierungen, die in kompakter Form benutzt werden dürfen.

Löschköpfe lassen sich zwar auch mit Kernen aus Metall-Legierungen aufbauen, aber für diese Zwecke eignen sich Ferrite, z. B. Ferroxcube, wesentlich besser. Wegen ihrer extrem geringen Wirbelstromverluste kommt man mit Löschgeneratoren kleiner Leistung aus. Außerdem sind Ferritköpfe besonders verschleißfest. **Bild 43** zeigt Ferroxcube-Kerne (Valvo), wie sie für

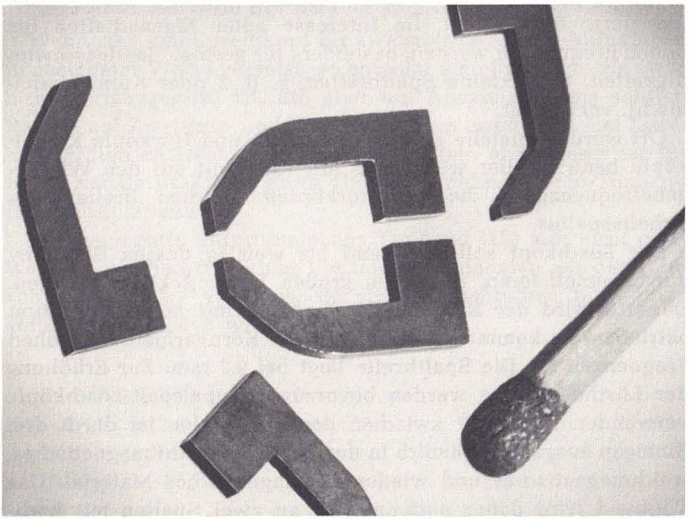


Bild 43. Ferroxcube-Kerne für Löschköpfe (Valvo)

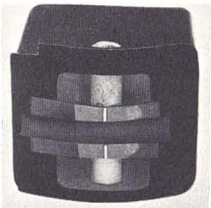


Bild 44. Stereo-Doppelspalt-Löschkopf mit Ferritkern (Grundig)

die Fertigung von Löschköpfen verwendet werden. Ein fertiger Stereo-Doppelspalt-Löschkopf wird in **Bild 44** gezeigt.

c) Bauarten

Die „klassische" Bauform ist der Ringkern-Magnetkopf, wie in Vollspurausführung bereits in Bild 6 gezeigt. In dieser Form wird er heute noch in Studioanlagen verwendet. Eine Abart dieser Bauform zeigt **Bild 45**. Es handelt sich um einen 2/2-Spur-Stereokopf.

Ein anderes Beispiel für einen Ringkopf wird in **Bild 46** wiedergegeben. Dieser Universalkopf der Firma Bogen ist für Viertel-

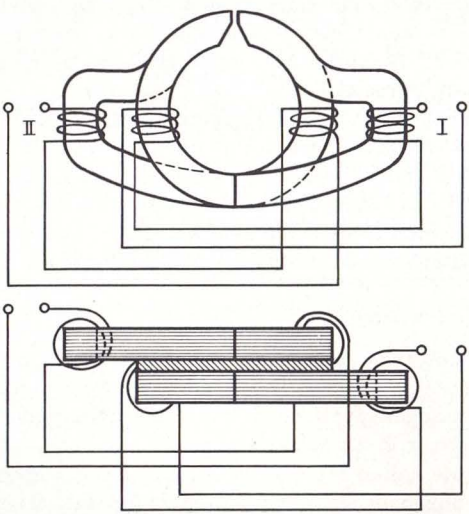


Bild 45. Grundsätzliche Möglichkeit für den Aufbau von Stereo-Ringköpfen

Bild 46. Universal-2/4-Stereokopf (Bogen)

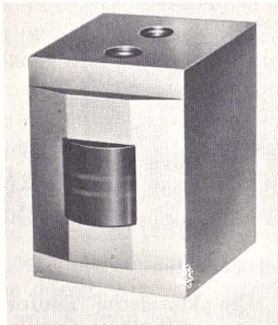


Bild 47. Beispiel für einen glasverklebten Ferrit-Sprechkopf für Studiozwecke (Valvo)

spur-Stereogeräte vorgesehen. Der 2/4-Kopf sitzt in einem Gehäuse aus weichmagnetischem Material.

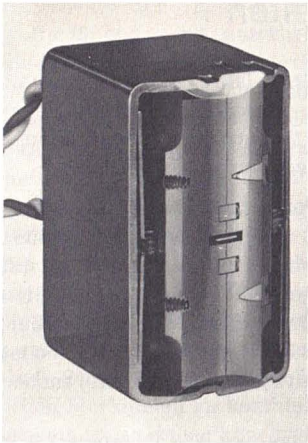
Für Studiozwecke gibt es glasverklebte Ferritköpfe (Valvo) mit extrem hoher Verschleißfestigkeit. **Bild 47** zeigt einen solchen Kopf, dessen Kern aus einem sehr homogenen, feinkörnigen und dichten Nickel-Zink-Ferrit besteht. Bei der Herstellung wird flüssiges Glas unter Ausnutzung der Kapillarwirkung in den Spalt gebracht. Es haftet fest am Ferrit und füllt den ganzen Spalt spannungsfrei aus.

Eine grundsätzlich von der Ringkernkonstruktion abweichende Bauart wird von der Firma Grundig benutzt. **Bild 48** soll sie erläutern. Zur Erzielung gerader Spaltkanten liegt die Lamellierung gegenüber der von Ringköpfen um 90° verdreht. Zur Vermeidung von Nebenspalten besteht die eine Kernhälfte aus Vollmaterial. In Bild 48 unten wird das Foto eines Kopfes dieser Bauart gezeigt.

d) Kopfinduktivitäten

Für alle Köpfe ist man in der Wahl der Windungszahl, d. h. der Induktivität, nicht ganz frei. Löschköpfe werden meist transformatorisch angekoppelt, so daß man hier gern niederinduktive Ausführungen, z. B. 2 mH, benutzt.

Sprechköpfe sollen für stromkonstante Aussteuerung an den Verstärker angepaßt werden. Man wählt Induktivitätswerte, die dem Verstärker einerseits kleine Stromwerte abverlangen, es



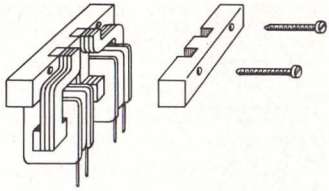


Bild 48. Oben: Skizze des grundsätzlichen Aufbaues von Grundig-Köpfen. Unten: Foto eines solchen Kopfes nach dem Vergießen

andererseits aber noch gestatten, genügend große Vorwiderstände zur Linearisierung des Stromfrequenzganges zu verwenden. Außerdem soll die erforderliche Hf-Spannung zur Vormagnetisierung in vernünftigen Grenzen bleiben. Ein oft verwendeter Wert ist 20 mH.

Hörköpfe sollen Impedanzen haben, die von mit Halbleiterbauelementen bestückten Verstärkereingangsschaltungen noch nicht nennenswert belastet werden (Leerlaufbetrieb), jedoch noch eine ausreichend hohe EMK aufweisen, um ein gutes Verhältnis Nutzspannung/Rauschspannung zu erzielen. Eine große Windungszahl bedingt aber eine entsprechend hohe Wicklungskapazität, die die obere Frequenzgrenze des Wiedergabebereiches beschränkt. Aber auch ohne diese Eigenkapazität muß die unvermeidliche kapazitive Last von Leitungen und Verstärkereingang berücksichtigt werden. Für extrem empfindliche Anordnungen muß man außerdem in Betracht ziehen, daß der reelle (Verlust-) Widerstand des Kopfes ebenfalls zum Gesamtrauschen beiträgt (15). Induktivitätswerte zwischen 80 mH und 1,6 H sind gängig. Wicklungen der Kombiköpfe müssen natürlich den Bedingungen für Sprech- und Hörköpfe zugleich genügen. Hier sind z. B. 120 mH gebräuchlich.

X. Bandgeschwindigkeiten

In der Anfangszeit des Magnettonverfahrens wurde nur mit der Geschwindigkeit von 77 cm/sec, die aus Gründen der internationalen Austauschbarkeit auf 76,2 cm/sec (entsprechend 30 Zoll, Nennwert 76 cm/sec) geändert wurde, gearbeitet.

Die Weiterentwicklung des Verfahrens erlaubte je nach Anforderungen, die Bandgeschwindigkeit erheblich zu senken. Neben der Unterteilung des Bandes in mehrere Spuren verbilligt sich das Verfahren auch durch die geringeren Bandgeschwindigkeiten beträchtlich. 76 cm/sec gelten auch für die Studiotechnik als überholt. Die Bandgeschwindigkeit von 38,1 (Nennwert 38) cm/sec ist vollwertiger Nachfolger, aber auch mit 19,05 (Nennwert 19) cm/sec wird studiotechnisch gearbeitet.

Nach weiterer Halbierung kommt man zu 9,53 (Nennwert 9,5) cm/sec und weiter zu 4,75 und 2,4 cm/sec. Selbst die zuletzt genannte Geschwindigkeit, mit der sich eine obere Grenzfrequenz von z. B. 4500 Hz erreichen läßt, kann nötigenfalls noch für musikalische Aufnahmen benutzt werden, obgleich der Bandverbrauch bei 4,75 cm/sec noch so gering ist, daß man der höheren Qualität den Vorrang gewährt. Diese letztgenannte Geschwindigkeit wird daher in Cassetten-Recordern verwendet. Bezüglich der Mindest-Frequenzbereiche nach DIN 45 511 siehe Tabelle 1 auf Seite 30[1]).

Der Frequenzgang eines Magnettongerätes läßt sich exakt berechnen. Es sei auf die Quelle (4) des Literaturverzeichnisses verwiesen. Die ausschlaggebende Rolle für die erzielbare obere Grenzfrequenz spielen die erreichbare minimale Bandflußdämpfung (Koerzitivkraft) und die effektive Breite der Kopfspalte. Wenn man, was nur als grobe Näherung zulässig ist, den Spalt als rechteckig annimmt, so nimmt die in den Hörkopf induzierte Spannung mit kleiner werdender aufgezeichneter Wellenlänge ab. Wenn sie gleich der Spaltbreite wird, erfolgt keine Induktion

---

[1]) Hinweis des Verlages: Für eine bestimmte Art von Tonband-Kassetten, den sogenannten Compact-Cassetten, hat sich die Schreibart mit C eingeführt. Der Leser findet deshalb nebeneinander die Duden-gemäße Schreibart mit K für Kassetten gewöhnlicher Art und die mit C für Compact-Cassetten.

mehr. Nach der Spaltfunktion werden zwar für noch kleinere Wellenlängen, also unterhalb des ersten „Nulldurchganges", wieder Spannungen induziert, hiervon wird jedoch in der Praxis der Magnettonaufnahme kein Gebrauch gemacht.

Noch ein Wort zur Beurteilung des Frequenzganges der Bandgeräte: Eine Kette ist so stark wie ihr schwächstes Glied. Ein hochwertiges Magnettongerät kann nur dann wirklich ausgenutzt werden, wenn die angeschlossene Wiedergabe-Apparatur, d. h. nachfolgende Verstärker und insbesondere Lautsprecher, auch das angebotene Tonfrequenzspektrum in seiner Gesamtheit bei ausreichend kleinem Klirrfaktor wiedergeben können. Diese Bedingung erfordert allerdings einen gewissen technischen Aufwand, dessen Anforderungen in DIN 45 500 (HiFi) festgelegt sind. Es ist wenig zweckmäßig, Geräte mit allzu unterschiedlichen Merkmalen zu kombinieren. Aus Gründen der Wirtschaftlichkeit ist es daher angebracht, bei der Auswahl eines Gerätes zu prüfen, wie hoch die Ansprüche zu stellen sind und welche Absichten überhaupt hinsichtlich der geplanten Aufnahmen bestehen. Die Dynamik oder, besser ausgedrückt, die Ruhegeräuschspannung sind ebenso zu bewerten wie der Frequenzgang, wobei zu beachten ist, daß die Höhenanhebung, sei sie aufnahme- oder wiedergabeseitig, um so stärker sein muß, je geringer die Bandgeschwindigkeit gewählt wird, und daß der Störpegel um so höher wird, je weiter der Frequenzbereich bei vorgegebener Bandgeschwindigkeit getrieben wird.

Es empfiehlt sich, die Bänder gelegentlich von Verunreinigungen, wie z. B. Bandstaub, zu befreien. Hierzu läßt sich mit Vorteil die Bandreinigungsgabel (Grundig) verwenden **(Bild 49).** Zur Benutzung kann man sie entweder in der Hand halten oder an dazu vorgesehenen Stellen des Tonbandgerätes befestigen.

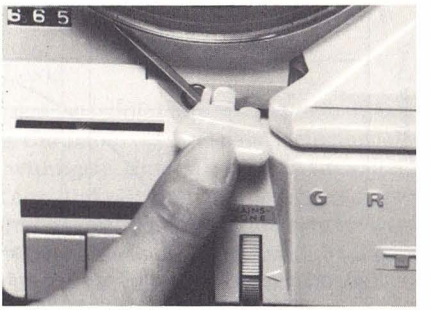


Bild 49. Benutzung einer Bandreinigungsgabel (Grundig)

XI. Bandsorten

a) Konfektionierung

Für Heimtonbandgeräte verwendete Bänder für Spulenbetrieb sind $6{,}3^{-0{,}06}$ mm breit. Nach DIN heißen sie „Magnetband 6". Bänder älterer Produktion waren 6,5 bzw. 6,35 mm breit. Sie können daher auf modernen Heimgeräten nicht ohne weiteres verwendet werden. Die in Compact-Cassetten benutzten Bänder sind 3,8 mm breit. Nach DIN heißen sie „Magnetband 4".

Moderne Tonbänder sind Schichtbänder, d. h. sie besitzen einen magnetisch neutralen Träger, auf den die Magnetitschicht aufgegossen ist. Unter diesen Bändern gibt es solche mit Polyvinylchlorid (PVC) und Polyester (PE) als Träger. PVC findet man nur noch bei einigen Standard- und Langspielbändern. Für dünnere Bänder wird nur noch das außerordentlich feste Polyester verwendet, dessen mechanische Eigenschaften durch Vorrecken veredelt wurden.

Je dünner das Trägermaterial mit Beschichtung gewählt wird, um so größere Bandlängen lassen sich auf der Spule unterbringen. Das ist aber nicht der einzige Vorteil des dünnen Trägers: Derartige Bänder schmiegen sich viel besser an die Magnetköpfe an, sie bilden einen innigeren magnetischen Kontakt, der besonders bei kleinen Bandgeschwindigkeiten und der Viertel-

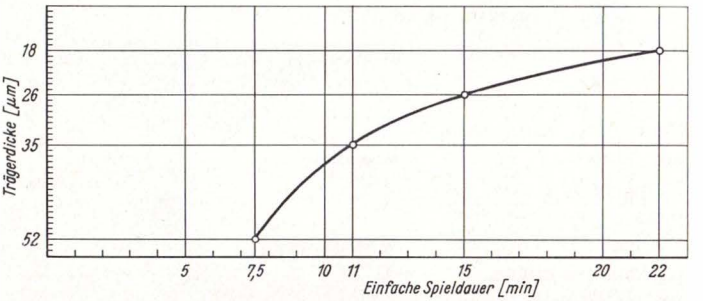


Bild 50. Die Entwicklung dünner Magnetbänder ermöglicht die Unterbringung größerer Bandlängen und damit eine längere Spieldauer

spurtechnik mit Rücksicht auf hohe Frequenzen und „Drop Outs“ sehr wichtig ist.

Bild 50 zeigt als Beispiel, in welchem Maße sich die einfache Spielzeit eines Bandes auf einer 8-cm-Spule vom Standardband (Träger 52 μm) bis zum Dreifachspielband (Träger 18 μm) verlängert hat. Das Beispiel gilt für eine Bandgeschwindigkeit von 9,5 cm/sec. Die Spielzeit verlängert sich selbstverständlich noch um die Anzahl der verwendeten Spuren.

Das dünnste z. Z. verwendete Band mit einer Dicke von nur 9 μm läßt sich nur in Compact-Cassetten verwenden, weil der robustere Betrieb auf Spulengeräten für dieses hauchdünne Material zu Schwierigkeiten führen könnte. Für die Compact-Cassetten, in denen das Band besonders schonend betrieben wird, ist es wegen der festliegenden mechanischen Außenabmessungen zur Erzielung langer Laufzeiten (2 × 1 Stunde) wertvoll.

Erwähnt sei noch der Aufbau des Tonbandes als sogenanntes Masseband. Bei ihm ist das magnetisierbare Material dem neutralen Träger einverleibt. Dieses Band könnte wahlweise auf beiden Seiten besprochen, müßte aber naturgemäß von der gleichen Seite abgehört werden, wenn nicht ein erheblicher Verlust an hohen und mittleren Frequenzen eintreten soll. Als Grundmaterial kommt nur PVC in Frage, so daß nur ca. 50 μm dicke Bänder hergestellt wurden. Auch die elektroakustischen Eigenschaften sind denen moderner Bänder mit ihren dünnen Magnetitschichten unterlegen. Daher werden für Tonbandgeräte Massebänder, ebenso wie Schichtbänder auf Basis Acetyl-Zellulose (AC), nicht mehr hergestellt.

b) Eisenoxid und Chromdioxid

Neben das bis vor kurzem ausschließlich verwendete Eisenoxid Fe_2O_3 ist neuerdings Chromdioxid CrO_2 als ferromagnetischer Stoff getreten. Der wichtigste Unterschied von CrO_2 liegt in höheren Werten der Koerzitivkraft und Sättigungsinduktion (vgl. Bild 2). Der Flächeninhalt der Magnetisierungskurve wird hierdurch größer. Diese Unterschiede zu Eisenoxid bedingen neben einer größeren Aussteuerbarkeit eine geringere „Selbst-

Entmagnetisierung", was sich vor allem bei kurzen aufgezeichneten Wellenlängen, also bei hohen Frequenzen günstig auswirkt. CrO_2-Bänder werden im Typenspektrum der Audio-Magnetbänder deshalb steigend in Compact-Cassetten verwendet und ermöglichen dort bei nur 4,75 cm/s Bandgeschwindigkeit die Einhaltung der Hi-Fi-Norm DIN 45 500.

Die vergleichsweise höhere Koerzitivkraft erfordert eine höhere Löschleistung, die vom Tonbandgerät aufgebracht werden muß, um unter allen vorkommenden Betriebsbedingungen eine einwandfreie Löschung der alten Aufnahme bei Neuaufzeichnung sicherzustellen.

Die um ungefähr 6 dB günstigeren Eigenschaften der CrO_2-Bänder bei hohen Frequenzen werden selbstverständlich nicht nur zur Erweiterung des Frequenzumfanges nach oben, sondern auch zur Vergrößerung des Geräuschspannungsabstandes genutzt. Hierzu sollten die Entzerrer-Zeitkonstanten und im Zusammenhang mit erhöhtem erzielbarem Bandfluß bei etwas geringerer Empfindlichkeit auch die Aussteuerung und der durch die Hf-Vormagnetisierung gegebene Arbeitspunkt entsprechend gewählt werden. Am besten geschieht dies mit umschaltbaren Geräten.

Die günstigen Eigenschaften der CrO_2-Bänder sind vor allem für Geräte mit kleiner Bandgeschwindigkeit, also Cassetten-Recorder von Bedeutung. Da sie teurer sind als Bänder mit Fe_2O_3, werden beide Typen nebeneinander verwendet werden. Um Fehlbedienungen von umschaltbaren Geräten zu vermeiden, kann die Umschaltung dort automatisch erfolgen, wenn die CrO_2-Cassetten innen neben den Aussparungen gegen versehentliches Löschen zusätzliche Öffnungen haben, in die entsprechend angeordnete Fühlhebel greifen.

c) Magnetbänder für Heimgeräte

In **Tabelle 4** wird eine Übersicht über für Heimgeräte vorgesehene Bandtypen gegeben. Neuere Entwicklungen in Richtung verbesserter Dynamik und Aussteuerbarkeit sind durch die Fußnote [3]) gekennzeichnet. **Tabelle 5** zeigt als Beispiel das Fassungsvermögen üblicher Spulen in Metern. Mit Hilfe des **Bildes 51** kann man die Laufzeit der verschiedenen konfektio-

Tabelle 4. Magnetbänder für Spulengeräte

Bandtyp		Hersteller	Träger	Dicke Träger + Schicht	Laufzeit einer 13-Spule 9,5 cm/sec
Standardband	SP 52	BASF	PVC	34 + 13	30
Langspielband	PE 31	Agfa-Gevaert	PE	20 + 14	45
Langspielband	PE 36[3])	Agfa-Gevaert	PE	20 + 15	45
Langspielband	LP 35	BASF	PE/PVC[1])	24 + 10	45
Langspielband	LP[3])	Philips	PE	24 + 11	45
Langspielband	LPR 35 LH[4])	BASF	PE	24 + 11	45
Doppelspielband	PE 41	Agfa-Gevaert	PE	15 + 9,5	60
Doppelspielband	PE 46[3])	Agfa-Gevaert	PE	15 + 9,5	60
Doppelspielband	DP 26 LH[3])	BASF	PE	16 + 10	60
Doppelspielband	DPR 26 LH[4])	BASF	PE	16 + 10	60
Doppelspielband	DP[3])	Philips	PE	13 + 10,5	60
Triple Record	PE 65	Agfa-Gevaert	PE	12 + 6	90
Triple Record	PE 66[3])	Agfa-Gevaert	PE	12 + 6	90
Dreifachspielband	TP 18 LH[3])	BASF	PE	12 + 6	90
Signiertonband	PE 31 S	Agfa-Gevaert	PE	20 + 20	30
Doppelschichtband	PE 25 D	Agfa-Gevaert	PE	12 + 25 + 12	
Spezialband für Endloskassette	PE 31 G	Agfa-Gevaert	PE	(2 + 20) + 15[2])	
Endloskassette	PE 41 G	Agfa-Gevaert	PE	(2 + 15) + 11[2])	
				µm	

[1]) Wahlweise.
[2]) Bänder mit rückseitiger Gleitschicht.
[3]) Hi-Fi-Low-Noise.
[4]) Mit leitfähiger Rückseitenbeschichtung.

nierten Tonbänder für übliche Bandgeschwindigkeiten ablesen. **Tabelle 6** enthält Bandtypen für Compact-Cassetten.

Einen besonderen Hinweis verdienen die sogenannten *Signiertonbänder*. Sie besitzen eine helle, rauhe Rückseite, so daß sie beschriftet werden können. Für manche Sonderanwendungen, z. B. Synchronisieraufnahmen, sind solche Bänder vorteilhaft.

Doppelschichtbänder haben auf beiden Seiten des Trägers Magnetitschichten. In Endlosbandkassetten auf Halbspurgeräten werden beide Spuren genutzt. Hierzu wird das Band zu einer *Möbiusschleife* zusammengeklebt. Dadurch wird beim ersten

Tabelle 5. Beispiele für das Fassungsvermögen handelsüblicher Spulen in Metern. Spulengrößen nach DIN 45 514 sind unterstrichen

Spule →	8	9	10	11	13	15	18	22	25
Standard-Band	45	65	90	135	180	270	360	540	730
Langspiel-Band	65	90	135	180	270	360	540	730	1 000
Doppelspiel-Band	90	135	180	270	360	540	730	1 000	–
Dreifachspiel-Band	135	180	270	360	540	730	1 080	–	–

Durchlauf die eine Spur auf der Vorderseite und beim zweiten Durchlauf die zweite Spur auf der Rückseite des Bandes aufgesprochen bzw. abgetastet.

d) Weitere Bandtypen

In **Tabelle 7** werden Bänder für Studiogeräte aufgeführt, während **Tabelle 8** eine Übersicht über nicht mehr produzierte Typen gibt.

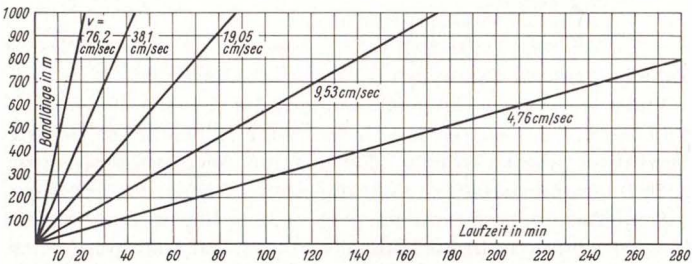


Bild 51. Die Laufzeit eines Bandes für verschiedene Bandlängen und Geschwindigkeiten

Tabelle 6. Magnetbänder für Compact-Cassetten

Cassette	Hersteller	Schicht	Dicke (µm)
C 60 Low Noise	Agfa-Gevaert	Fe_2O_3	18
C 90 Low Noise	Agfa-Gevaert	Fe_2O_3	12
C 120 Low Noise	Agfa-Gevaert	Fe_2O_3	9
C 60 + 6 Super	Agfa-Gevaert	Fe_2O_3	18
C 90 + 6 Super	Agfa-Gevaert	Fe_2O_3	12
C 120 Super	Agfa-Gevaert	Fe_2O_3	9
C 60 Stereo-Chrom	Agfa-Gevaert	CrO_2	18
C 90 Stereo-Chrom	Agfa-Gevaert	CrO_2	12
C 60 LH-SM	BASF	Fe_2O_3	18
C 90 LH-SM	BASF	Fe_2O_3	12
C 120 LH-SM	BASF	Fe_2O_3	9
C 60 CrO_2	BASF	CrO_2	18
C 90 CrO_2	BASF	CrO_2	12
C 120 CrO_2	BASF	CrO_2	9
C 60 Low Noise	Philips	Fe_2O_3	18
C 90 Low Noise	Philips	Fe_2O_3	12
C 120 Low Noise	Philips	Fe_2O_3	9
C 60 Hi-Fi	Philips	CrO_2	18
C 90 Hi-Fi	Philips	CrO_2	12

Tabelle 7. Magnetbänder für Studiozwecke

Bandtyp	Hersteller	Träger	empfohlene minimale Bandgeschwindigkeit	Ges.-Dicke
PER 525	Agfa-Gevaert	PE	19	50
PER 555	Agfa-Gevaert	PE	38	56
LGR	BASF	PVC	19	51
LR 56	BASF	PVC	19	56
			cm/sec	µm

e) Vorspannbänder

Zur Kennzeichnung des Bandanfanges empfiehlt es sich, grünes Vorlaufband zu verwenden, zur Kennzeichnung des Endes steht rotes Band zur Verfügung. Oft ist es zweckmäßig, auf dem Band

Tabelle 8. Übersicht über nicht mehr produzierte Bandtypen

Bandtyp	Hersteller	Träger	Masse/ Schicht	empfohlene minimale Band-geschwindigkeit	Dicke
F	Agfa-Gevaert	AC	S	76	52
FS	Agfa-Gevaert	AC	S	19	55
FSP	Agfa-Gevaert	PVC	S	4,75	50
FSP extra dünn	Agfa-Gevaert	PVC	S	4,75	35
FR	Agfa-Gevaert	AC	S	19	56
FR 22	Agfa-Gevaert	AC	S	19	65
PE 22	Agfa-Gevaert	PE	S	19	50
PER	Agfa-Gevaert	PE	S	19	52
PE 65	Agfa-Gevaert	PE	S		18
Genoton-E	Anorgana[1])	PVC	M	76	50
Genoton-EN	Anorgana[1])	PVC	M	38	50
Genoton-ENA	Anorgana[1])	PVC	M	19	50
L	BASF	PVC	M	76	55
L-extra	BASF	PVC	M	19	55
LG	BASF	PVC	S	76	55
LGS 55	BASF	PVC	S	4,75	55
LGN	BASF	PVC	S	76	55
LGH	BASF	PVC	S	19	55
LGD	BASF	PVC	S	38	55
LP 35	BASF	PE/PVC	S		34
PES 45 D	BASF	PE	S		45
PES 36	BASF	PE	S		
Z	Anorgana[1])	PVC	S	19	50
ZS	Anorgana[1])	PVC	S	9,5	50
				cm/sec	µm

[1]) Die Magnetton-Bandherstellung der Anorgana ist Anfang 1956 auf die BASF übergegangen. Genoton-Bänder sind daher nicht mehr im Handel.

selbst Vermerke über den Inhalt der Aufnahme vorzunehmen. Es ist praktisch, hierzu das weiße, einseitig mattierte Vorspannband zu nehmen.

Manche Tonbandgeräte besitzen Endausschalter, die mit Hilfe eines Stückchens sogenannten Schaltbandes über Relais betätigt werden. Solche Bänder sind metallkaschiert. Sie schließen zwei isoliert angeordnete Kontakte.

Zur Auslösung fotoelektrischer Schaltungen, besonders in Geräten mit Endlosschleifen-Kassetten, gibt es transparentes Magneton-Gleitband (Agfa-Gevaert). Es besteht aus einer 40 µm dicken Polyesterfolie mit beidseitigen optisch nicht deckenden Gleitschichten.

f) Das Kleben der Magnetbänder

Zur richtigen Behandlung der Bänder gehört es, daß sie richtig geschnitten und geklebt werden. Selbstverständlich darf die verwendete Schere nicht magnetisch sein, sie darf deswegen aber trotzdem aus Stahl bestehen. Man müßte dann nur gelegentlich kontrollieren, ob sie nicht auf irgendeine Weise magnetisch geworden ist. Zur Entmagnetisierung eignet sich die im Kapitel III erwähnte Entmagnetisierungsdrossel.

Bänder mit PVC-Träger können so geklebt werden, daß man mit einem Stäbchen etwa 5 mm der Schichtseite des einen Endes mit dem Klebemittel befeuchtet und die Schicht unmittelbar darauf mit einem Läppchen abwischt. Diese schichtfreie Stelle des Bandes wird nun nochmals mit einem kleinen Tropfen befeuchtet. Dann wird das zu verbindende zweite Ende so auf die befeuchtete Stelle gelegt, daß sich Schicht an Schicht anschließen. Durch Zusammendrücken wird das Kleben beendet.

Das soeben beschriebene Verfahren hat den Nachteil, daß für einen sehr kurzen Augenblick, in dem die Klebstelle am Sprech- bzw. Hörkopf vorbeiläuft, ein kleiner Ruck entsteht, der unter Umständen hörbar werden kann. Es ist besser, nach folgendem Schema zu kleben:

Die zu verbindenden Bandstücke werden nicht übereinander, sondern der Länge nach nebeneinander geklebt, wobei die beiden Enden mit einem Stückchen Weißband hinterlegt werden. Man legt die beiden Enden des Tonbandes mit der Schichtseite nach

oben übereinander und schneidet sie unter einem Winkel von etwa 45° gemeinsam auseinander. Dadurch wird erreicht, daß die Bandenden mit ihren schräg abgeschnittenen Enden genau nebeneinander passen. Dann befeuchtet man die Rückseite des einen Endes mit einem Tropfen Klebemittel und klebt ein etwa 1 cm langes weißes Vorspannband, das entsprechend schräg zugeschnitten wurde, zur Hälfte auf. Nun befeuchtet man das überstehende Stück des Vorspannbandes und klebt das zweite Ende des Tonbandes mit der Rückseite darauf, während man es so weit an das schräge Ende heranschiebt, daß das weiße Vorspannband völlig bedeckt wird.

Die Trocknung erfolgt recht schnell, man darf nur nicht zu eilig verfahren und die noch frische Klebstelle, etwa durch übereiltes Anfahren des Gerätes, einer größeren Zugbeanspruchung aussetzen. Unangenehm ist es, wenn zwei Windungen der Bandspule zusammenkleben, nachdem das Band, noch bevor die Stelle richtig getrocknet war, aufgewickelt wurde. Beim Abspielen oder Umspulen können solche Stellen zu Bandrissen führen, zumindest gibt es einen Ruck, der zu unschöner Wiedergabe führt. Das gleiche gilt für den Fall, daß Spritzer des Klebemittels auf die volle Bandspule kommen.

Polyesterbänder lassen sich auf diese Weise nicht behandeln. Für sie kommt nur die sogenannte *Trockenklebung* in Frage, die selbstverständlich auch für PVC-Träger anwendbar ist und die Nachteile der oben beschriebenen Methode vermeidet. Zum Trockenkleben gibt es Klebeband, das hinter die zu verbindenden Bandstücke geklebt wird, wie es schon für die Naßklebung beschrieben wurde.

Aber auch eine weitere Gefahr ist zu beachten. Durch das Lösungsmittel können nämlich Teile des Weichmachers aus dem Bandmaterial herausgelöst werden, so daß die Stelle spröde wird und beim Ablauf Störungen verursacht (5). Es empfiehlt sich daher, auch diese Bänder mit *Trockenklebung* zu cuttern, wie es für Polyesterbänder ohnehin notwendig ist, denn diese sind praktisch nicht anlösbar.

Das hierzu erforderliche Klebeband ist etwas schmaler als die zu verbindenden Stücke. Man nimmt eine Länge von höchstens 2 bis 3 cm und beachtet, daß das schräg geschnittene Ton-

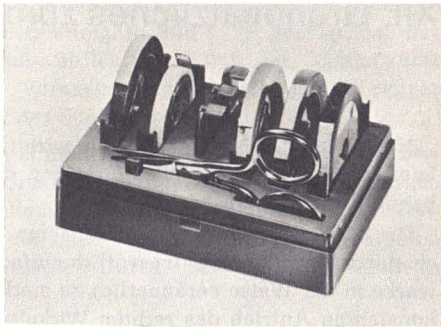


Bild 52. Cutterkasten (Agfa-Gevaert)

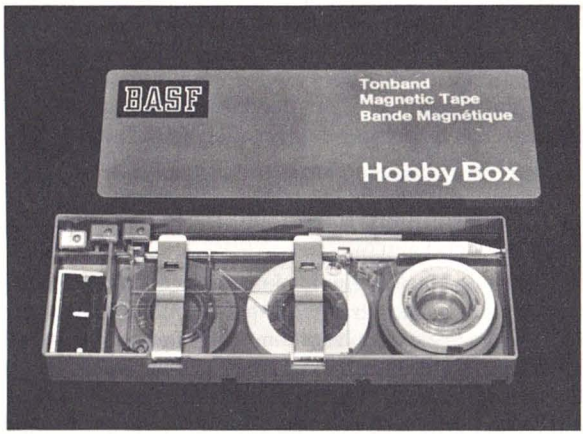


Bild 53. Hobby-Box (BASF)

band Stoß an Stoß geklebt wird, wie bereits für die Naßklebung beschrieben.

Zur Erleichterung der Handhabung gibt es Zusammenstellungen unter den Bezeichnungen „Cutterkasten" und „Hobby-Box", die in den **Bildern 52** und **53** gezeigt werden.

XII. Grundsätzliches zum Laufwerk

Nachstehend sollen in Kürze die wichtigsten Anforderungen an Laufwerke und prinzipielle Verfahren des Bandtransportes behandelt werden.

Die Bandgeschwindigkeit ist konstant. Es wäre wenig sinnvoll, sie durch den allerdings wesentlich einfacheren Aufbau der Laufwerke in der Weise veränderlich zu machen, wie das etwa durch konstanten Antrieb des rechten Wickeltellers (vgl. Bild 1) möglich wäre. Die Nachteile liegen offen: Das Cuttern wäre wegen der dadurch erfolgenden Tonhöhenverfälschung ausgeschlossen und ferner würde sich der Frequenzgang der Apparatur laufend ändern, wenn nicht besondere Maßnahmen (Frequenzgangsteuerung in Abhängigkeit von der Bandgeschwindigkeit, d. h., vom Durchmesser der rechten Spule) getroffen würden. So wird dieses Verfahren auch nicht bei Geräten, die für Musikaufnahmen vorgesehen sind, angewandt. Bei Diktiergeräten zeigen sich obige Nachteile praktisch nicht, so daß mit variabler Geschwindigkeit gearbeitet werden kann.

Der Aufbau der Laufwerke für konstante Bandgeschwindigkeit wird leider etwas komplizierter. Abgesehen von Sondergeräten gibt es zwei Verfahren: 1. Mitnahme des Bandes durch Friktion, nämlich durch Andruck mit einer Gummiwalze an eine Tonrolle, die mit gleichbleibender Drehzahl angetrieben wird. Bei dem 2. kaum noch verwendeten Verfahren umschlingt das Tonband die mit einem Material hoher Reibung (z. B. Gummi) versehene Tonrolle **(Bild 54).**

Es ist üblich, nach dem Prinzip der Gummiandruckrolle zu arbeiten. Es ist zwar mechanisch komplizierter, bietet jedoch den Vorteil, das Band schnell rangieren zu können. Ohne das Band irgendwie umlegen oder anfassen zu müssen, kann es durch einfaches Drücken der entsprechenden Bedienungstasten zum Vor- oder Rücklauf bzw. zum Halten gebracht werden. Die Steuerung der mechanischen Glieder kann entweder elektromagnetisch oder mechanisch erfolgen.

Bei dem Antrieb mit Andruckrolle ist die Lage der Andruckrolle zur Tonrolle von Bedeutung. In **Bild 55** ist gezeigt, daß das Tonband auf die Tonrolle aufläuft und von der Gummiwalze abläuft. Unter dieser Voraussetzung ist ein gleichförmiger schlupfarmer Transport des Bandes sichergestellt.

Das Ohr ist gegenüber schnellen Tonhöheschwankungen außerordentlich empfindlich. Ursache derartiger Schwankungen können mannigfach sein. Vor allem ein ungleichmäßiger Lauf der Tonrolle, sowie Exzentrizitäten der Tonrolle, Andruckrolle, Spulen und Umlenkrollen verursachen Unregelmäßigkeiten, die sich in

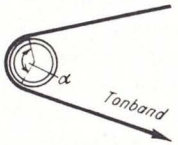


Bild 54. Die Umschlingung der Tonrolle durch das Band: Es wird durch Reibung mitgenommen

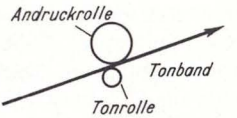


Bild 55. Bandtransport mit Gummiandruckrolle. Das Band läuft auf die Tonrolle auf und verläßt den Antrieb von der Gummirolle

Form einer Frequenzmodulation des aufgezeichneten Signales äußern. Derartige Schwankungen sollen z. B. für eine Bandgeschwindigkeit von 9,5 cm/sec laut DIN 45 511 höchstens ± 0,3 % betragen. Langfristigen Schwankungen gegenüber ist das Ohr weniger empfindlich. Eine konstante Verschiebung der Frequenzlage darf bei Heimgeräten mit 2 % verhältnismäßig groß sein.

Je nach den Ansprüchen, die an das Gerät zu stellen sind, kommen Laufwerke mit einem, zwei oder drei Motoren zur Verwendung. Beim Dreimotorenlaufwerk erhält jede Spule einen eigenen Antrieb, z. B. durch Wirbelstromläufer. Wegen des gewünschten konstanten Bandzuges muß das Drehmoment der Wickelmotoren im umgekehrten Verhältnis zur Drehzahl stehen. Für den Idealfall müßte ein solcher Motor innerhalb des in Frage kommenden Drehzahlbereiches für einen bestimmten Spulendurchmesser sein Drehmoment linear, z. B. um 1 : 4, ändern. Tatsächlich ist das nur schwer erreichbar, so daß noch zusätzliche Bremsmittel angewendet werden.

Dreimotorenlaufwerke erfordern einen geringeren Aufwand an Mechanik als solche mit nur einem Motor, der ja, zumindest zum Bandvorlauf und Umspulen, umgeschaltet werden muß. Beim Vorlauf müssen die Tonrolle starr und der rechte Teller über eine Reibungskupplung angetrieben werden. Zum Rücklauf ist der linke Teller, ggf. über ein Getriebe, starr anzutreiben.

Ob nun der die Tonrolle antreibende Motor in einem Einmotorenlaufwerk noch die anderen Funktionen übernehmen muß oder in einem Dreimotorenlaufwerk nur für den gleichmäßigen Bandtransport vorgesehen ist, ist gleich, in jedem Fall muß für eine konstante Drehzahl gesorgt werden. Am einfachsten geschieht das durch Verwendung eines geeigneten Asynchronmotors (ggf. auch selbstanlaufenden Synchronmotors), der naturgemäß nur am Wechselstromnetz betrieben werden kann. Es kommen z. B. 4- oder 8polige Motoren in Betracht. Eine höhere Polzahl erlaubt zwar größere Tonrollendurchmesser, bedingt für den Motor jedoch einen geringeren Wirkungsgrad. Kleine Tonrollendurchmesser erfordern andererseits eine beson-

Bild 56. Ein Hi-Fi-Gerät: Das magnetophon m 28 (Telefunken) als Beispiel für ein Dreimotorenlaufwerk

ders stabile und präzise Ausführung, um unzulässige Tonhöheschwankungen zu vermeiden. Heimgeräte, insbesondere solche für mehr als zwei Bandgeschwindigkeiten, machen daher von einem indirekten Antrieb der Tonrolle Gebrauch. Hier treibt ein verhältnismäßig hochtouriger Motor über eine Riemen-Untersetzung eine separat gelagerte Tonrolle an, auf deren Welle zugleich eine hinreichend dimensionierte Schwungmasse angebracht ist.

Als bestimmende Größe für die Bandgeschwindigkeit dient bei Netzgeräten die Netzfrequenz. Daher sind die hier verwendeten Motoren – normalerweise Asynchronläufer – ziemlich unkompliziert. Anders ist es für Batteriegeräte. Hier werden Motoren benötigt, die nicht nur sparsam in der Aufnahme der elektrischen Leistung sein müssen, sondern die sich darüber hinaus günstig in der Drehzahl regeln lassen. Die einfachste Form der Drehzahlregelung ist die Schaltung der Feldwicklung über einen Fliehkraftschalter, der zur Schonung zumeist über eine Transistorschaltung, also mittelbar, auf die Feldwicklung wirkt. Wesentlich günstiger sind elektronische Anordnungen, für die im Kapitel XIV Beispiele gebracht werden.

XIII. Kopierverfahren

a) Kopiereffekt

Bevor auf die Methoden zur Herstellung von Kopien einer Aufnahme eingegangen wird, soll noch der unerwünschte „Kopiereffekt" erwähnt werden.

Zu stark ausgesteuerte Tonfolien zeigen zuweilen die Eigenschaft, ein „Vorecho" zu geben. Es kann aus einer Durchbiegung des zu schwach gewordenen Rillensteges erklärt werden. Ein solcher Effekt wird auch bei Magnetbandaufnahmen beobachtet und ist auf ein „Abfärben" der dicht nebeneinanderliegenden Bandschichten, die nur durch den neutralen Träger getrennt sind, zurückzuführen. Es liegen umfangreiche Arbeiten zur Untersuchung und Verhinderung dieses Phänomens vor (6, 8). Tonbänder der neueren Typen weisen günstige Werte für die Kopierdämpfung auf, wobei Kopierdämpfung den Abstand „Voller Nutzpegel – Kopierpegel" in dB bedeutet.

Ein besonders starker Kopiereffekt ist zu beobachten, wenn eine Bandspule einem magnetischen Wechselfeld, z. B. dem Streufeld eines Motors, ausgesetzt wird. Das gilt besonders, solange die Aufnahme noch sehr frisch ist (einige Sekunden). Auch aus diesem Grunde macht man, wenn möglich, den Bandweg zwischen Köpfen und Wickel nicht zu kurz.

b) Kontaktkopie im Wechselfeld

Der im vorhergehenden Abschnitt beschriebene Kopiereffekt läßt sich in folgender Weise (9) nutzbar machen:

Zur Herstellung von Bandkopien werden das Original und ein frisches, entmagnetisiertes Tonband mit den Schichtseiten aneinandergepreßt und einem steigenden und wieder abfallenden Wechselfeld ausgesetzt. Die Kopiergeschwindigkeit ist dabei ohne Belang, ebenso die Frequenz des Wechselfeldes, solange nur die Zahl der Ummagnetisierungen groß genug ist. Bei ver-

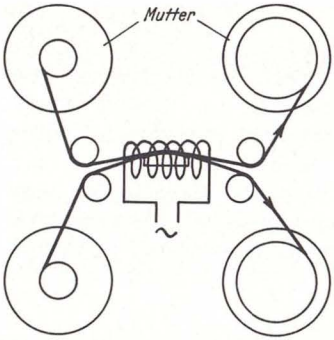


Bild 57. Die grundsätzliche Anordnung einer Vorrichtung zum Kontaktkopieren von Magnetbändern

hältnismäßig geringer Bandgeschwindigkeit kann ohne weiteres Netzfrequenz verwendet werden.

In **Bild 57** ist die Kopiervorrichtung im Prinzip gezeigt. Beide Bänder laufen von getrennten Spulen durch das Kopierfeld und werden getrennt wieder aufgewickelt.

Die Kopie ist ein Spiegelbild des Originals. Für Vollspur-Bänder ist das ohne Belang, nicht hingegen für Stereo-Bänder. Für solche muß dann das Mutterband mit vertauschten Seiten aufgenommen werden, damit die Tochter wieder zum Abspielen auf üblichen Geräten geeignet ist.

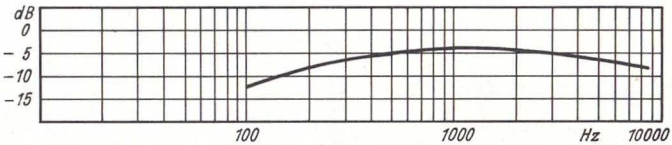


Bild 58. Die Frequenzkurve eines kopierten Bandes, bezogen auf das Mutterband. Die Aufnahme erfolgte mit 19 cm/sec

Bild 58 zeigt als Beispiel den erzielten Frequenzverlauf einer Kontaktkopie. Leider erwiesen sich so hergestellte Kopien als zeitlich instabil (10). Vielleicht gestatten für diese Zwecke günstigere Bänder die Weiterentwicklung und wirtschaftliche Nutzung dieses Verfahrens.

c) Thermokopie

Mit Hilfe des Chromdioxidbandes können auch „Thermokopien" hergestellt werden. Beim Abkühlen von Temperaturen oberhalb des sogenannten Curiepunktes (ca. 120°) auf Raumtemperatur durchläuft das Material einen Bereich sehr kleiner Koerzitivkraft, es ist dort also bereits durch kleine Felder magnetisierbar. Hierzu genügen bespielte Magnetbänder, mit denen nach entsprechender Vorheizung des Tochterbandes ein inniger Kontakt während der Abkühlung herzustellen ist (22).

d) Magnetton-Zackenschrift

Nach Kaiser (10, 11) lassen sich Kopien auch nach Art des Buchdruckes herstellen, wobei die Druckfarbe eine Beimengung aus fein verteiltem magnetisierbarem Werkstoff enthält, der nach dem Druckvorgang bis zur Sättigung magnetisiert wird. **Bild 59** zeigt, daß die magnetische Zackenschrift etwa der Zackenschrift des Lichttonverfahrens und des Philips-Miller-Verfahrens entspricht. So hergestellte Magnettonbänder können auf normalen Geräten abgespielt werden. Eine wirtschaftliche Nutzung dieses Verfahrens ist z. Z. nicht bekannt.

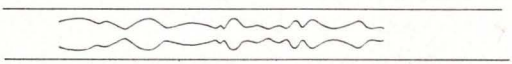


Bild 59. Magnetisierung mit Zackenschrift

e) Kopien durch Umspielen

Z. Z. werden Kopien nur durch Umspielen gewonnen. Das geschieht normalerweise durch Abspielen des Mutterbandes auf einem Gerät und gleichzeitigem Aufnehmen der Töchter auf einer oder mehreren Aufnahmemaschinen. Bei Anpassung der Frequenzcharakteristiken kann mit erhöhten Bandgeschwindigkeiten gearbeitet werden.

XIV. Übersicht über industrielle Magnettongeräte

a) Ein Rückblick

Wenn man einen Blick in die Geschichte der Tonbandgeräte wirft, kommt man zu interessanten entwicklungstechnischen Vergleichen.

Eines der ältesten vom Rundfunk benutzten Geräte ist das *K 4* der *AEG*. Es war ein großes Studiogerät mit drei Motoren für Bandlängen bis 1 000 m. Die Bandgeschwindigkeit war 77 cm/sec und der überstrichene Frequenzbereich mit den damaligen Bandsorten war – das K 4 hatte noch Gleichstromlöschung und -Vormagnetisierung – 50 bis 5 500 Hz bei einem Geräuschspannungsabstand von 38 dB. Ähnliche Eigenschaften hatte das für nur 500 m Bandlänge eingerichtete, auch mit 77 cm/sec arbeitende Reportagegerät „d". Es war für einen Betrieb an 12-V-Sammlern eingerichtet und besaß zwei Motoren.

Im Zweiten Weltkrieg wurde aber auch schon mit 19 cm/sec gearbeitet, und zwar mit Hilfe des Gerätes „c". Es besaß ein Federlaufwerk und zur Aufnahme keinen besonderen Verstärker. Zur Aussteuerung diente ein Kohlemikrofon, das direkt auf den Sprechkopf arbeitete. Da auch dieses Gerät mit Gleichstrom-Vormagnetisierung arbeitete, entfiel ein besonderer Hf-Generator. Die Wiedergabequalität ließ aber auch entsprechend zu wünschen übrig. Immerhin kann das c-Gerät als erster Vorläufer heutiger moderner Reportagegeräte gelten, deren Qualitäten die damaligen Studiogeräte sogar weit übertreffen.

Die erste rundfunkmäßig verwendete Hochfrequenzmaschine war das Gerät *HTS*. Der Frequenzgang konnte auf 10 000 Hz erweitert und die Geräuschspannungsdynamik um 22 dB verbessert werden. Heutige Geräte erreichen bei erheblich verbesserter Dynamik, Klirrfaktor und Zuverlässigkeit eine obere Grenzfrequenz von z. B. 15 kHz mit nur einem Bruchteil der früher verwendeten Bandgeschwindigkeit.

Die niederfrequenztechnische Fortentwicklung läßt sich auch durch Vergleich der Bestückungen zeigen. Beispielsweise benötigte das Gerät HTS zum Aufsprechen drei Leistungsröhren EL 11 mit je 9 W Anodenverlustleistung; moderne Geräte mit Halbleiterschaltungen kommen mit einigen 100 mW aus.

Bei der Anschaffung eines Tonbandgerätes muß man sich angesichts der zahlreichen Modelle sehr genau darüber klar sein, welche Ansprüche erfüllt werden sollen. Das Spektrum marktgängiger Geräte reicht von Diktiergeräten bis zu Hi-Fi-Anlagen in fast professioneller Technik. Eine besondere Klasse nehmen daneben die Cassetten-Recorder ein, sie sind robust (Autobetrieb!) und einfach zu bedienen, sind aber für Trickaufnahmen und zum Cuttern nicht geeignet. Spulengeräte sind in dieser Hinsicht universeller. Dies gilt zunächst einmal für die praktische Handhabung, für die Bedienung. Vor allem ist natürlich die Qualität der Reproduktion von Interesse. Sie läßt sich meßtechnisch erfassen. Größen, wie Gleichlaufeigenschaften, Dynamik, Klirrfaktor und Frequenzgang sind hier von Bedeutung. So einfach es ist, die objektiv erfaßbaren Geräteeigenschaften zu nennen, so schwierig ist es für den Amateur, zu erkennen, welche Wünsche er vernünftigerweise vertreten soll. Dies ist nicht nur eine gewöhnliche Frage des Geldbeutels, sondern der Natur der geplanten Aufnahmen. Es darf auch nicht übersehen werden, daß die Ausschöpfung der reproduktionstechnischen Möglichkeiten nicht nur vom Tonbandgerät selbst festgelegt wird, sondern auch von den übrigen Teilen der Anlage.

Für den Amateur mit besonders hohen Ansprüchen an die Qualität ihrer Schallaufnahmen wurde die Klasse der Heimstudio-Geräte (Hi-Fi) geschaffen, so daß sich drei Gruppen unterscheiden lassen: professionelle Geräte für z. B. Rundfunk- und Schallplattenstudios, Heimstudio-Geräte mit Eigenschaften, die für den Amateur keine Wünsche offenlassen, und Heimgeräte, die zwar in der Klassifizierung am Ende stehen, aber für die meisten Fälle ein ökonomisches Optimum darstellen.

Das erste Magnettongerät, das in seiner Auslegung von den großen Anlagen durch geringeren Aufwand abwich, war das AEG-*AW 1*, das später durch *AW 2* abgelöst wurde. Dieses waren wohl die ersten Heimgeräte. Zunächst arbeitete das AW 1 mit

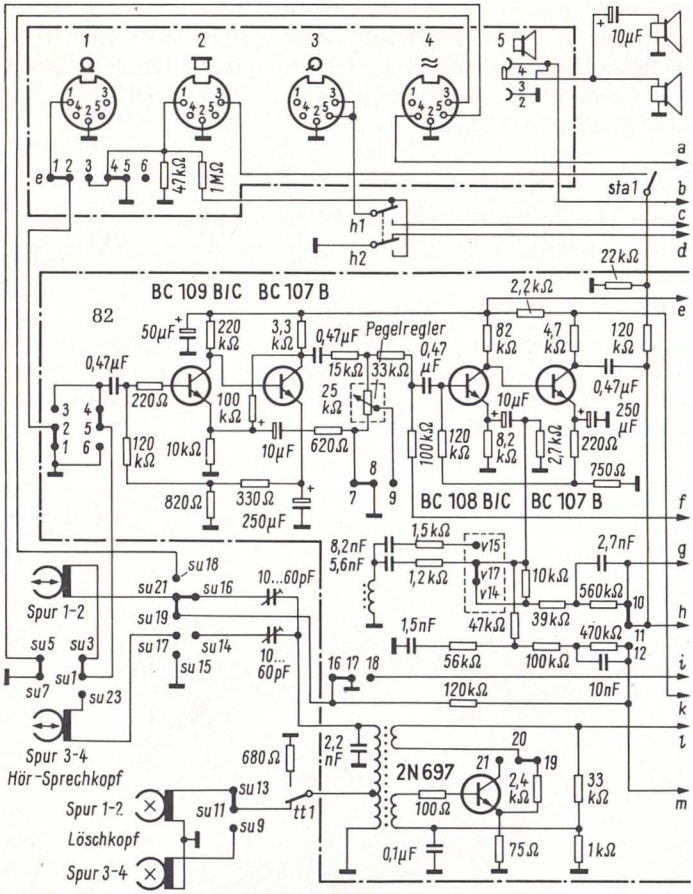
38 cm/sec, später mit 19 cm/sec. Das AW 2 hatte eine umschaltbare Bandgeschwindigkeit 38/19 cm/sec. Inzwischen wird für häusliche Zwecke die Geschwindigkeit 9,5 cm/sec bevorzugt, wenn auch bereits erheblich geringere Geschwindigkeiten für viele Zwecke ausreichen.

b) Ein Viertelspur-Tonbandgerät mit Transistoren

Bild 60 zeigt die Ansicht, **Bild 61** das Schaltbild des Grundig-Tonbandgerätes TK 241 L. Mit den Bandgeschwindigkeiten 4,75 und 9,5 cm/sec läßt es sich dem gewünschten Kompromiß Bandverbrauch/Aufnahmequalität anpassen.

An einer 5poligen mit ≈ bezeichneten Normbuchse ist die Wicklung des den Spuren 1–2 zugeordneten oberen Teiles des Stereo-¼-Kopfes vom übrigen Teil des Gerätes galvanisch getrennt zugänglich. Diese Buchse führt zugleich + Betriebsspan-

Bild 60. Ansicht des Gerätes Grundig TK 241 L



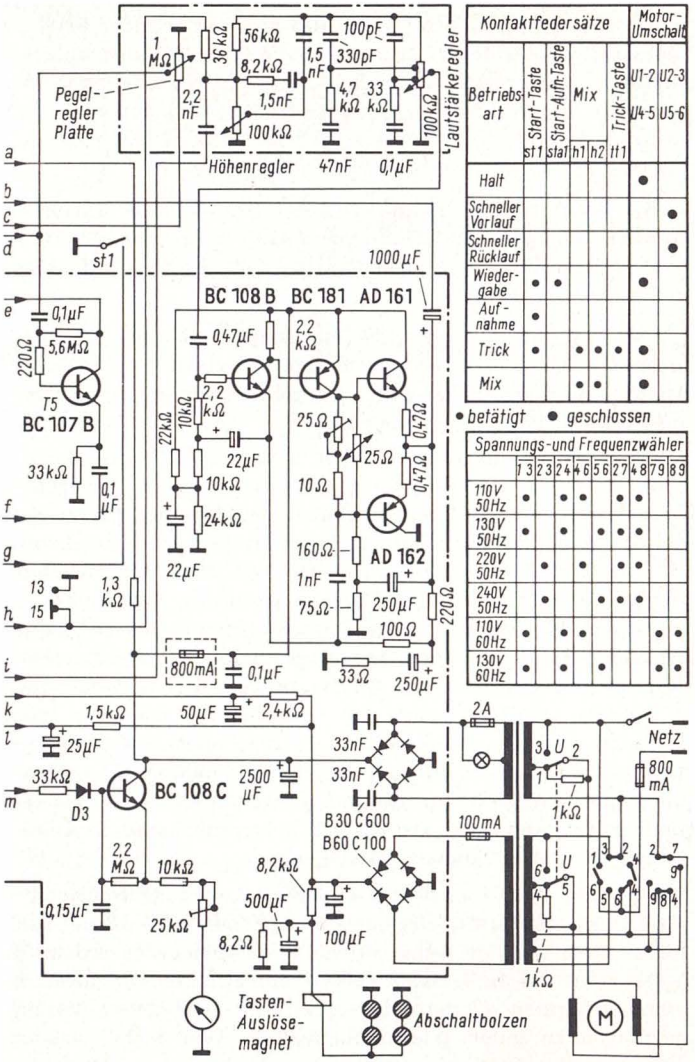
Spur	su 1,3	su 3,5	su 5,7	su 7,9	su 9,11	su 11,13	su 14,17	su 14,19	su 15,17	su 16,19	su 16,21	su 17,19	su 18,21	su 19,21	su 21,23	su 23,1
1–2	•		•			•				•	•			•		
3–4		•			•		•	•				•	•			•
D	•			•					•	•					•	

Aufnahme-Wiedergabe
(gez. in Stellung Wiedergabe)
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21

Betätigungsrichtung →

Eingangswähler
(gez. in Stellung Mikro)
e 1 2 3 4 5 6

Geschwindigkeit	v 14,17	v 15,17
4,75 cm/s		•
9,5 cm/s	•	



Kontaktfedersätze							Motor-Umschalt	
Betriebsart	Start-Taste st1	Start-Auft.-Taste sta1	Mix h1	Mix h2	Trick-Taste tt1		U1-2 U4-5	U2-3 U5-6
Halt							●	
Schneller Vorlauf								●
Schneller Rücklauf								●
Wiedergabe	●	●					●	
Aufnahme	●							
Trick	●			●	●	●	●	
Mix				●	●		●	

• betätigt ● geschlossen

Spannungs- und Frequenzwähler	1 3	2 3	2 4	4 6	5 6	2 7	4 8	7 9	8 9
110 V 50 Hz	●		●	●		●	●		
130 V 50 Hz	●		●		●	●	●		
220 V 50 Hz		●		●		●	●		
240 V 50 Hz		●			●	●	●		
110 V 60 Hz	●		●	●				●	●
130 V 60 Hz	●		●		●			●	●

Bild 61. Schaltbild des Gerätes Grundig TK 241 L

nung und – Masse. Somit kann hier nicht nur ein für Playback notwendiger Abhörverstärker (Grundig Typ 229) angeschlossen werden, sondern auch ein selbstgebautes Dia-Steuergerät. Wer eine gewisse Umständlichkeit nicht scheut und auf gute Symmetrierung achtet, kann aber auch den für Stereo erforderlichen zweiten Kanal hinzusetzen.

Bei Betrieb „D", der mit dem Spurwahlschalter eingestellt werden kann, sind die Wicklungen des Kombikopfes in Serie an den Verstärkereingang geschaltet, so daß Playback-Aufnahmen abgehört werden können.

Über die Eingangsbuchse für Plattenspieler können Mischaufnahmen gemacht werden, wenn die „Mixtaste" gedrückt ist. Hierbei wird eine zusätzliche Verstärkerstufe mit dem Transistor T 5 in Betrieb genommen.

Unter Trickaufnahmen versteht man ein doppeltes Besprechen einer und derselben Spur, beispielsweise, um Ansagen in bereits vorhandene Musikaufnahmen einzublenden. Hierzu darf selbstverständlich der Löschkopf nicht erregt werden, weil sonst die Erstaufnahme gelöscht würde. Weil aber zur Zweitaufnahme eine Hochfrequenz-Vormagnetisierung notwendig ist, wird mit dem Kontakt tt 1 der Tricktaste anstelle der Löschkopfwicklung ein Ersatzwiderstand eingeschaltet. Übrigens hat die Vormagnetisierung bei der Zweitaufnahme den willkommenen Nebeneffekt, daß der Pegel der Erstaufnahme abgesenkt wird. Dadurch wird ein allerdings fest vorgegebenes Pegelverhältnis beider Aufnahmen herbeigeführt. Bei wertvollen Erstaufnahmen, die nachträglich durch Trick kommentiert werden sollen, muß man wissen, daß „Versprecher" irreparabel sind. In solchen Fällen wird man Playback vorziehen.

Die mit den robusten Germanium-Legierungstransistoren AD 161/162 bestückte eisenlose Komplementär-Endstufe kann bis zu einer Musikleistung von 5,5 W ausgesteuert werden. Sie bietet damit für die meisten Fälle, eventuell unter Hinzuziehung eines separaten Lautsprechers, reichlich genügende Voraussetzungen zu guter Wiedergabequalität. Wer mehr verlangt, kann an die entsprechende Ausgangsbuchse einen Hi-Fi-Verstärker anschließen.

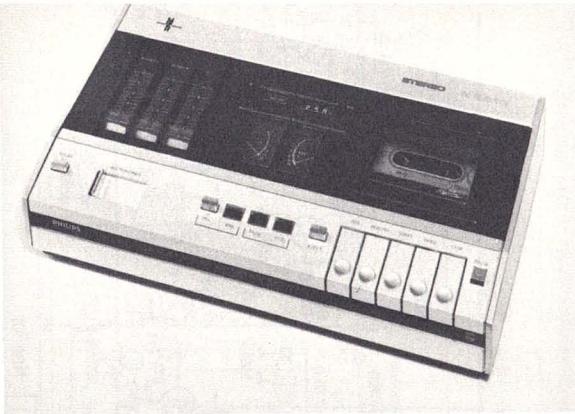
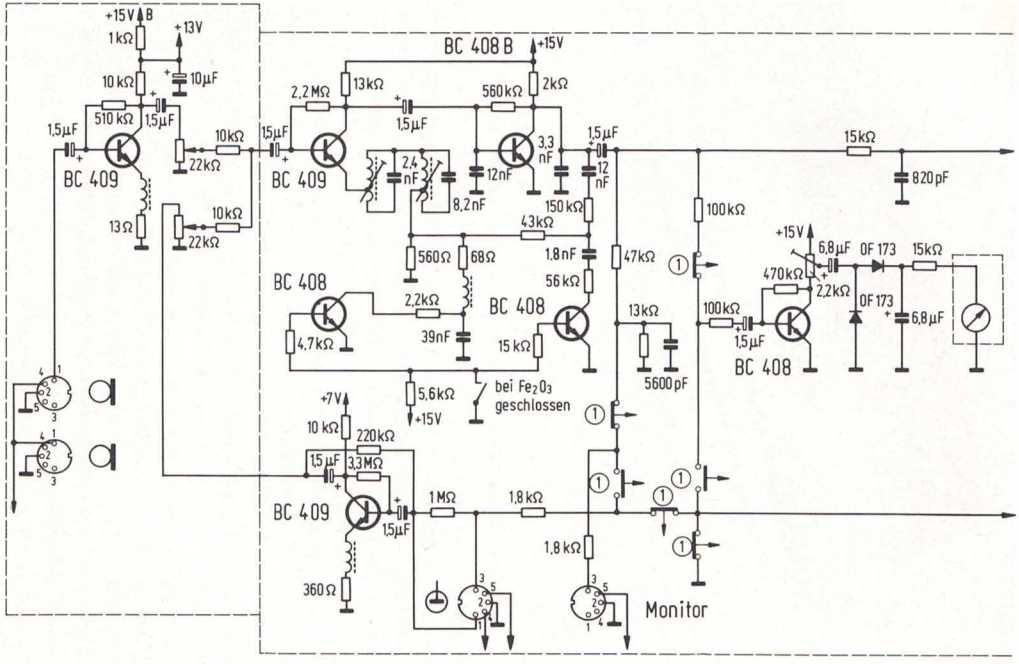


Bild 62. Ansicht des Gerätes Philips N 2510

c) Ein Stereo-Cassettengerät

In Bild 62 wird der Philips-Stereo-Cassetten-Recorder N 2510 gezeigt. Das ausführliche Schaltbild ist in Bild 63 wiedergegeben.

Das Gerät ist vor allem dadurch gekennzeichnet, daß wahlweise Eisen- oder Chromdioxidbänder verwendet werden können. Bei CrO_2 wird die Hi-Fi-Norm DIN 45 500 erfüllt. Fehlbedienung bei Umschaltung der unterschiedlichen Aufnahme- und Wiedergabe-Entzerrungen werden durch eine von der Cassette her gegebenen Automatik vermieden: Man braucht sich nicht um diesen Vorgang zu kümmern, die eingelegte Bandsorte wird außerdem durch Leuchtsignale angezeigt. Die fest eingebaute DNL-Schaltung (s. S. 89) kann in beiden Positionen zugeschaltet werden, so daß auch ältere Aufnahmen mit reduziertem Rauschpegel wiedergegeben werden können. Das Gerät ist zum Betrieb in Hi-Fi-Anlagen vorgesehen, es enthält daher keine Endstufen und Lautsprecher.


+15V B
1kΩ
+13V
10kΩ
10µF
510kΩ
1,5µF
1,5µF
BC 409
13Ω
10kΩ
22kΩ
10kΩ
22kΩ
BC 408 B
+15V
2,2MΩ
13kΩ
560kΩ
2kΩ
1,5µF
15µF
BC 409
2,4 nF
8,2nF
12nF
3,3 nF
1,5µF
12 nF
150kΩ
43kΩ
560Ω
68Ω
1,8nF
56kΩ
BC 408
2,2kΩ
39nF
4,7kΩ
BC 408
15kΩ
5,6kΩ
+15V
bei Fe2O3 geschlossen
+7V
10kΩ
220kΩ
1,5µF
3,3MΩ
BC 409
1,5µF
360Ω
1MΩ
1,8kΩ
1,8kΩ
47kΩ
13kΩ
5600pF
100kΩ
100kΩ
1,5µF
BC 408
+15V
470kΩ
6,8µF
2,2kΩ
OF 173
OF 173
6,8µF
15kΩ
15kΩ
820pF
Monitor

Zu Bild 63

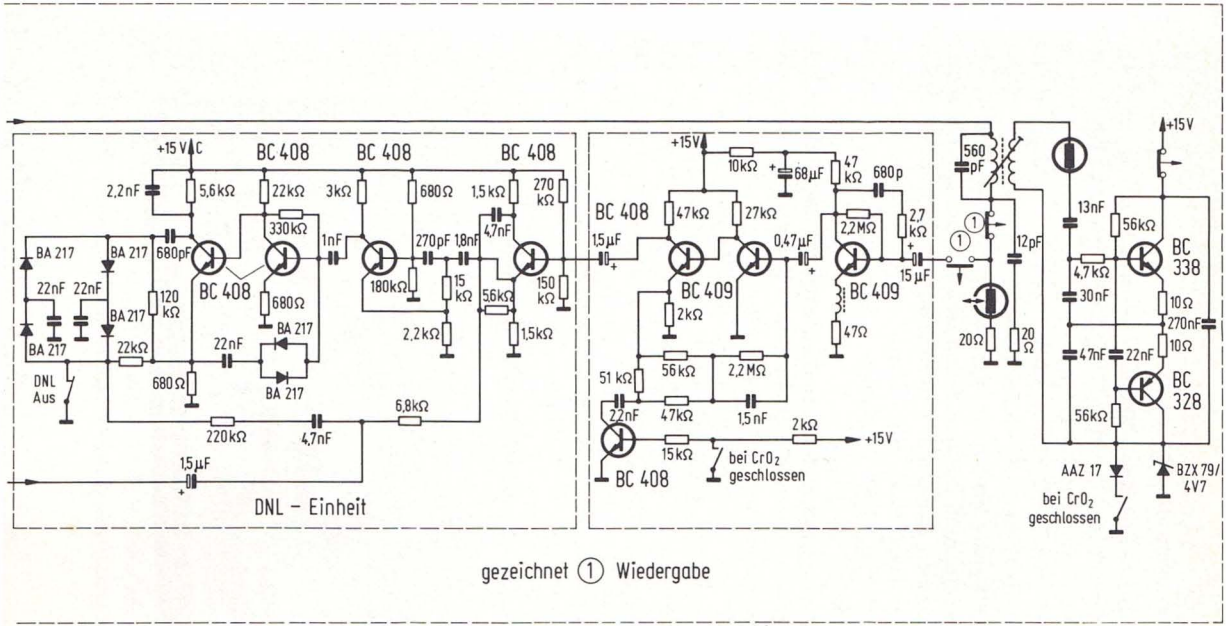


Bild 63. Schaltbild eines der beiden Verstärkerzüge zum HiFi-Cassettenrecorder N 2510 (Philips)

d) Ein Automatik-Gerät

Die in den Abschnitten b) und c) dieses Kapitels besprochenen Geräte gehören in die Klasse der Heimtonbandgeräte, mit denen technisch mehr oder minder raffinierte Aufnahmen gemacht werden können. Für manchen Amateur, vielleicht für viele „Normalverbraucher", ist hingegen ein Gerät zu bevorzugen, das auf einfachste Bedienung hin ausgelegt wurde. Eine wesentliche Vereinfachung der Bedienung ist es, wenn der Aufnahmepegel nicht von Hand ein- und nachgestellt zu werden braucht, wenn also das Band automatisch richtig ausgesteuert wird. Hierfür ist das Gerät Telefunken magnetophon 202 automatic ein Beispiel.

Bild 64 zeigt die äußere Ansicht, **Bild 65** ein Blockschaltbild mit herausgezeichnetem Automatikteil. Die gezeichneten Schalterstellungen gelten für Wiedergabe. Mit durch RC-Glieder symbolisierten Netzwerken werden die Entzerrungen bei Aufnahme und Wiedergabe eingestellt. Die beiden Ausgangstransistoren AC 187/188 KP werden bei Wiedergabe zu einer eisenlosen Komplementär-Endstufe zusammengeschaltet. Bei Aufnahme werden sie getrennt verwendet, und zwar als Hf-Oszillator und als Treiber für den Kopf, das Aussteuerungsinstrument und die Automatikschaltung.

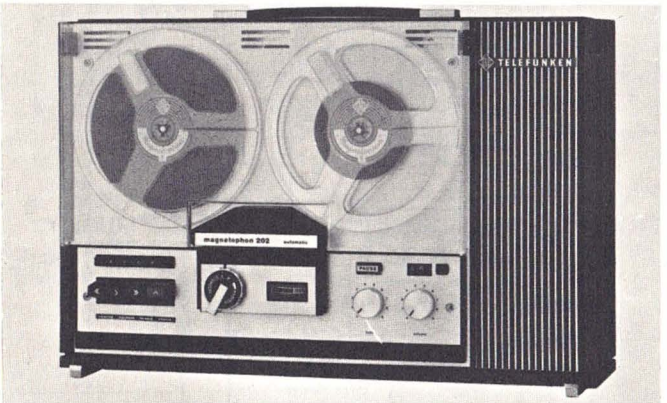


Bild 64. Ansicht des Gerätes Telefunken-magnetophon 202 automatic

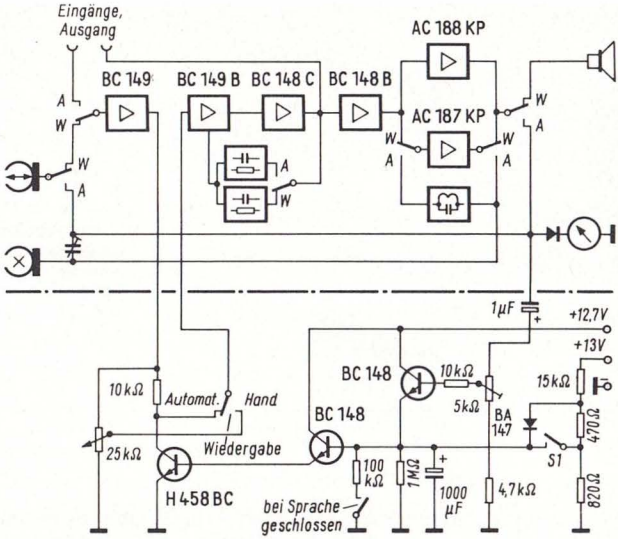


Bild 65. Blockschaltbild mit ausführlichem Automatik-Teil des Telefunken 202

Wie aus dem Schaltbild hervorgeht, wird der in Emitterschaltung betriebene Transistor BC 148 über einen 1-µF-Kondensator mit dem Ausgangssignal angesteuert. Die Basis erhält keinen Vorstrom, so daß der Transistor bei fehlendem Signal gesperrt ist. Bei vorhandenem Signal öffnet er für die positiv gerichteten Halbwellen und bewirkt eine amplitudenabhängige Aufladung des Kondensators von 1000 µF. Damit der nachfolgende Transistor BC 148 den richtigen Ruhe-Arbeitspunkt bekommt, sorgt ein von 13 V gespeister Spannungsteiler über die Diode BA 147 für eine Mindestladung des Kondensators, die zugleich der maximalen Verstärkung bei Aufnahme entspricht. Damit bei Beginn einer Aufnahme ein definierter Ladungszustand gegeben ist und außerdem nicht mit maximaler Verstärkung begonnen wird (sonst würde ein nicht willkommener Einschwingvorgang auftreten), wird S 1 über das Schaltgestänge kurzzeitig geschlossen.

Der Kondensator 1000 µF bildet mit dem Basiswiderstand von 1 MΩ eine Entladungs-Zeitkonstante von 150 Sekunden, die für

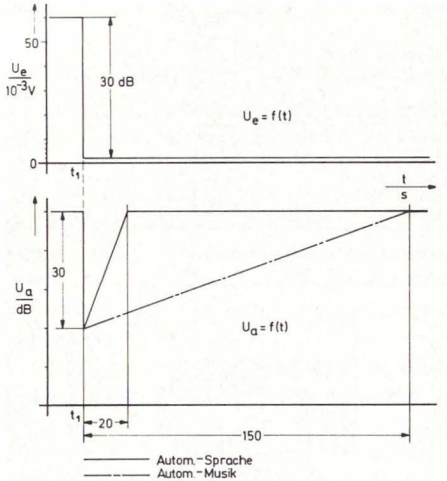


Bild 66. Pegel-Zeit-Diagramm der Automatik des Telefunken 202

Musikaufnahmen als günstig ermittelt wurde. Bei Sprachaufnahmen ist es besser, mit kleineren Zeitkonstanten zu arbeiten. Durch Zuschalten eines Widerstandes von 100 kΩ wird dies erreicht. **Bild 66** gibt ein Pegel-Zeit-Diagramm der Automatik.

Die am erwähnten Kondensator stehende Gleichspannung wird über einen als Impedanzwandler wirkenden Transistor BC 148 niederohmig auf den Transistor H 458 BC gegeben. Dieser wirkt als variabler ohmscher Widerstand und bildet zusammen mit dem Vorwiderstand von 10 kΩ einen veränderlichen Spannungsteiler, der zwischen erster und zweiter Stufe des Entzerrers angeordnet ist. Für Handbetrieb wird auf ein normales Potentiometer umgeschaltet.

e) Ein Halbspur-Mono-Gerät für Batteriebetrieb

Ein tragbares Tonbandgerät für Batteriebetrieb muß sich nicht nur durch kleine Abmessungen und geringes Gewicht von netzbetriebenen unterscheiden, sondern es muß im Interesse des Batterieverbrauches stromsparend ausgelegt sein.

Bild 67 zeigt die Ansicht des Uher-Gerätes 4000 Report-L, das mit vier Bandgeschwindigkeiten, nämlich 2,4, 4,75, 9,5 und

Bild 67. Ansicht des Gerätes Uher 4000 Report-L

und 19 cm/sec, betrieben werden kann. Das Schaltbild ist in **Bild 68** wiedergegeben.

Zum Antrieb wird ein kollektorloser Gleichstrommotor (14, 20) verwendet, dessen Drehzahl mit Rücksicht auf Gleichlaufschwankungen bei Laständerung und Abfall der Batteriespannung während der Betriebszeit elektronisch stabilisiert ist.

Der Motor hat drei Feldwicklungen, die nacheinander durch die Elektronik eingeschaltet werden. Der Rotor ist als zweipoliger Dauermagnet ausgebildet. Während des Anlaufes wird die Schaltung in Abhängigkeit von der Läuferstellung gesteuert (Bild 68), um ein hohes Anlaufmoment zu erzielen. Der mit dem Läufer verbundene Läuferfinger hält zwei der in Kollektorschaltung betriebenen Transistoren T 10, 12, 14 gesperrt, so daß immer nur einer der Transistoren T 11, 13, 15 leitet und die Feldwicklungen F 1, F 2 oder F 3 erregt. Im Anlaufzustand handelt es sich also um eine Art Kollektorbetrieb. Nach Erreichen einer bestimmten Drehzahl heben die Kontaktfinger ab, und die eigentliche Elektronik beginnt zu arbeiten.

Da immer nur eine der Feldwicklungen zur Zeit erregt wird, kann man von ihnen außerhalb der Erregungszeit sogenannte Tachospannungen abnehmen, die durch den magnetischen Gegenpol des Läufers induziert werden. Diese drei um 120° gegeneinander verschobenen, negativ gerichteten Halbwellen schalten in zyklisch richtiger Folge die Transistoren T 10, 12, 14

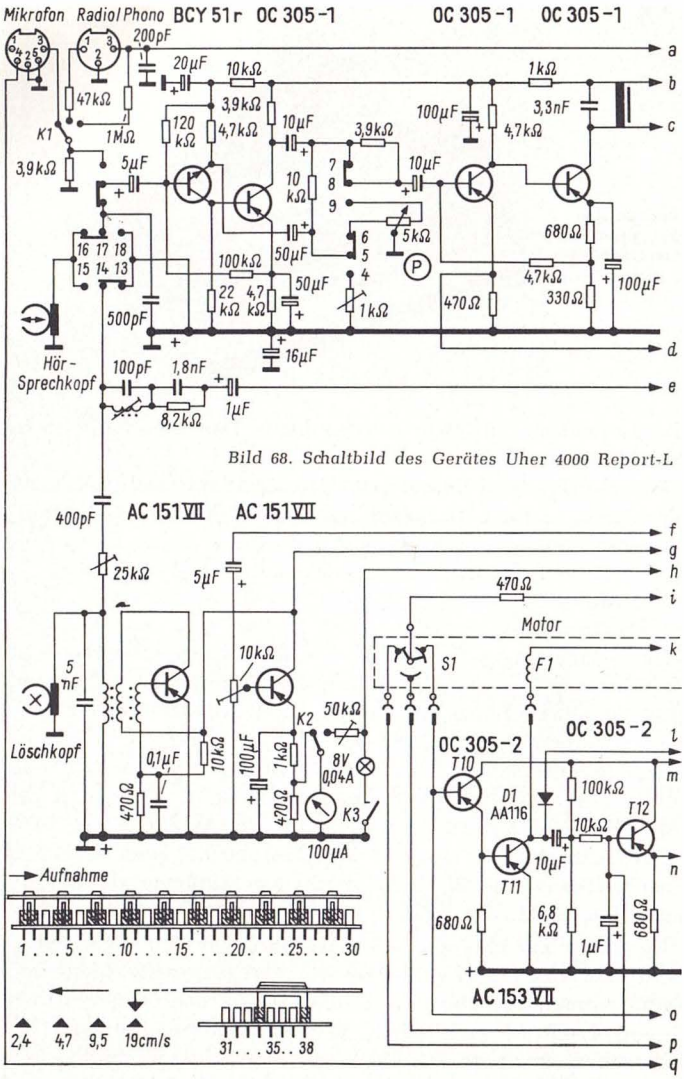
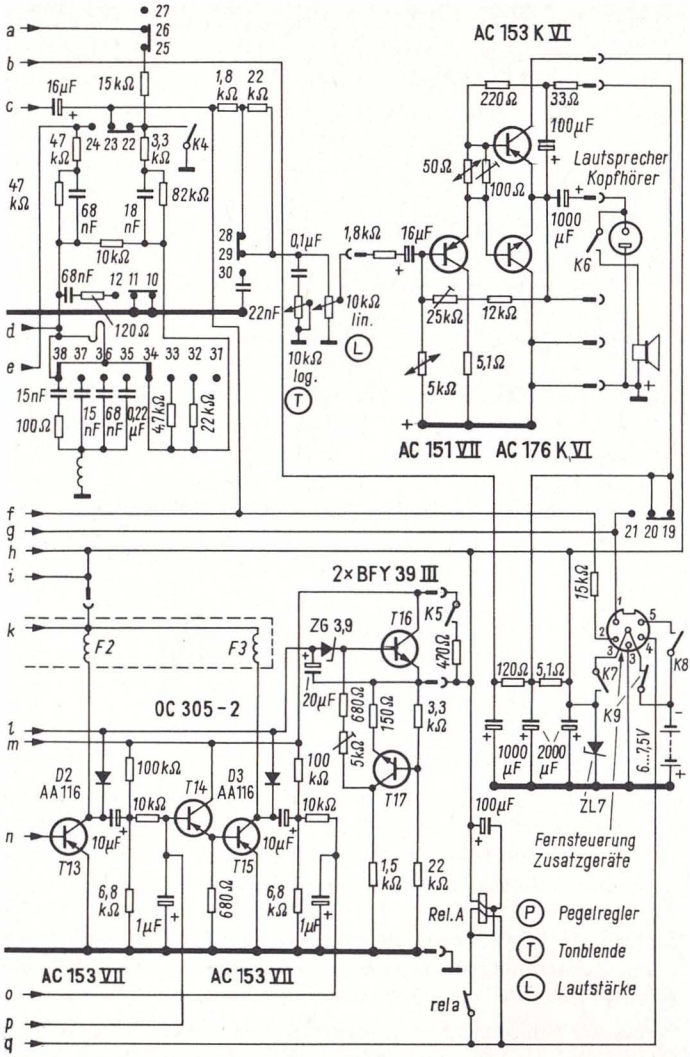


Bild 68. Schaltbild des Gerätes Uher 4000 Report-L


AC 153 K VI
AC 151 VII
AC 176 K VI
2×BFY 39 III
OC 305-2
AC 153 VII
AC 153 VII
Lautsprecher
Kopfhörer
Fernsteuerung
Zusatzgeräte
Pegelregler
Tonblende
Lautstärke
Rel. A
rela

und damit die zugehörigen Wicklungen ein. Bei richtiger Drehzahl geschieht dies mit 60° Phasenverschiebung durch die Netzwerke zwischen Feldwicklung (zugleich Kollektorwiderstand der vorhergehenden Stufe) und Basis. Dadurch wird die Rotation „am Leben gehalten". Die Tachospannungen sind dem Induktionsgesetz folgend unmittelbar abhängig von der Drehzahl des Motors. Sie werden zusätzlich zur erwähnten Aufsteuerung als Regelgröße für die Drehzahlstabilisierung herangezogen. Die negativen Halbwellen laden über das Diodengatter D 1, 2, 3, das zugleich als dreifacher Spitzengleichrichter dient, einen Kondensator (20 µF) auf. Die hier stehende drehzahlabhängige Gleichspannung wird mit der Durchbruchspannung der Z-Diode ZD verglichen und führt bei deren Überschreitung zur Sperrung des Transistors T 16, über den die Kollektoren der Transistoren T 10, 12, 14 versorgt werden. Demzufolge wird die Erregung der Feldwicklungen abgeschaltet bzw. im stabilen Zustand geschwächt. Der Transistor T 17 sorgt für die notwendige Unabhängigkeit der Drehzahl von der Batteriespannung und kompensiert zusammen mit T 16 Temperatureinflüsse. Zum Umwickeln wird die volle Motorleistung benötigt. Dazu wird der Transistor T 16 durch den Schalter K 6 überbrückt.

Der kombinierte Aufsprech-Wiedergabeentzerrer ist vierstufig ausgeführt. Der Abhörverstärker enthält eine eisenlose Endstufe für 1 W.

f) Ein Cassetten-Gerät für Batteriebetrieb

Bild 69 und **70** zeigen als typisches Beispiel für eine tragbare Ausführung den Cassetten-Recorder 3302 von Philips. Es ist für 7,5 V Batteriespannung ausgelegt und erfordert zur Bedienung ein Minimum an Aufwand und Kenntnissen. Es lassen sich alle üblichen Tonquellen anschließen. Ein Ausgang für Verstärker ist vorgesehen, ebenso eine Anschlußmöglichkeit für einen Zusatzlautsprecher, der aus der eingebauten eisenlosen 400-mW-Endstufe betrieben wird.

Aus der Schaltung **Bild 71** gehen alle Einzelheiten hervor. Die Einstellung der Wiedergabelautstärke und des Aufnahmepegels erfolgt mit Hilfe separater Potentiometer. RC-Netzwerke zwi-

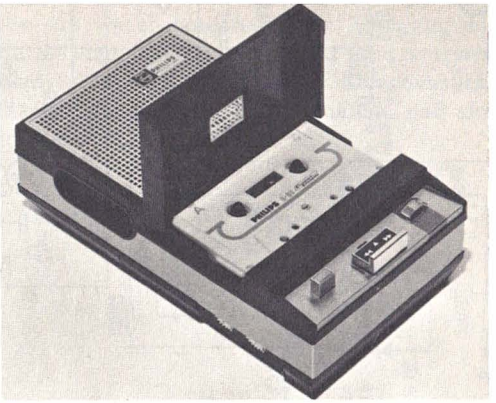


Bild 69. Ansicht des Philips-Cassetten-Recorders 3302

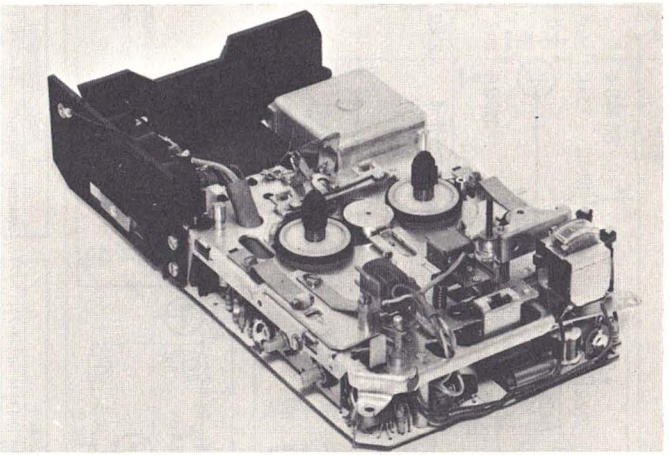
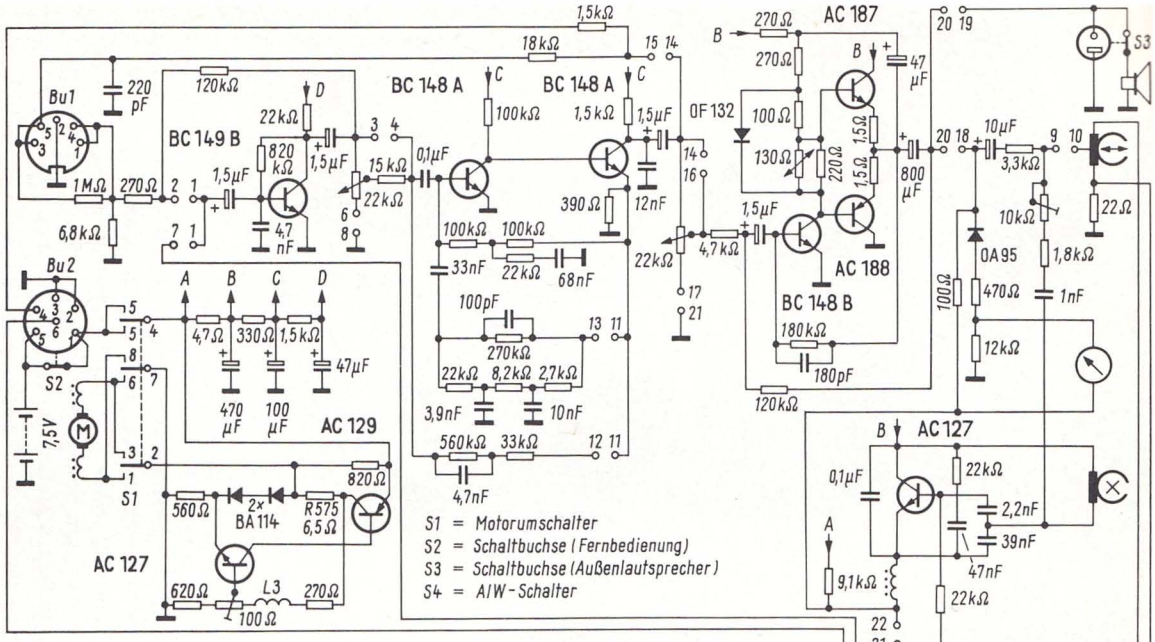


Bild 70. Innenansicht des Philips-Cassetten-Recorders 3302

schen Emitter der dritten und Basis der zweiten Stufe besorgen die Entzerrung bei Aufnahme und Wiedergabe.

Zur Erzielung einer konstanten Motordrehzahl bei Lastschwankungen und Änderungen der Speisespannung dient eine Elektronik. Einer abfallenden Batteriespannung wird durch eine Spannungsregelung entgegengewirkt. Bei Laständerungen an



S4 AIW-Schalter							
Aufnahme	1-2	6-8	9-10	11-13	14-16	18-20	21-22
Wiedergabe	1-7	3-4	11-12	14-15	17-21	19-20	

S1 Motorumschalter			
Bandlauf / Vorlauf	1-2	4-5	6-7
Rücklauf	2-3	4-5	7-8

Bild 71. Schaltbild des Philips-Cassetten-Recorders 3302

der Motorwelle, die sich wegen entsprechender Änderung der Stromaufnahme durch eine Verschiebung des Spannungsabfalles an Widerstand R 575 auswirkt, wird die Klemmenspannung am Motor in der Weise erhöht bzw. ermäßigt, daß sich eine gleichbleibende Drehzahl einstellt.

XV. Zusatz- und Hilfsgeräte

a) Stereo-Tiefpaßfilter

Bei Aufnahmen vom Stereo-Rundfunk – gleichgültig, ob als Stereoaufnahme oder als monofone Aufnahme des R + L-Signales – kann unter Umständen folgendes Problem auftreten: Am Ausgang des Stereo-Adapters bzw. des Ratio-Detektors können noch Reste des 19-kHz-Pilottones vorhanden sein, gegebenenfalls auch des zurückgewonnenen Hilfsträgers von 38 kHz. Diese Frequenzen einschließlich ihrer Oberwellen können zu störenden Interferenzpfiffen mit der Vormagnetisierungsfrequenz führen.

In solchen Fällen empfiehlt sich die Verwendung eines *Tiefpaßfilters*, das zwischen Rundfunkausgang und Tonbandgeräteeingang geschaltet wird. Ein solches Filter mit einem Durchlaßbereich von 0 bis 15 kHz wird in den **Bildern 72** und **73** gezeigt (21).

b) Mischpult

Beim Aufbau größerer Anlagen ist es angebracht, an Möglichkeiten zum Mischen verschiedener Tonquellen zu denken, besonders dann, wenn das verwendete Tonbandgerät nicht

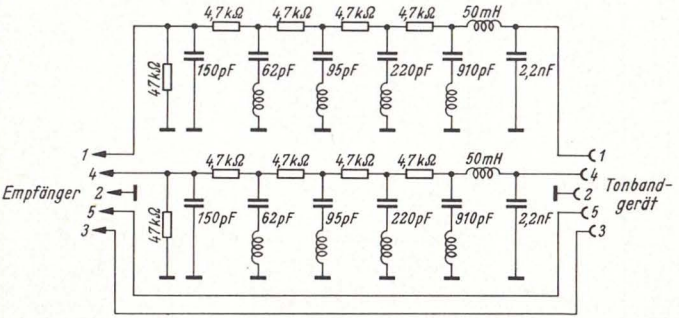


Bild 72. Schaltung des Körting-Stereo-Tiefpaßfilters

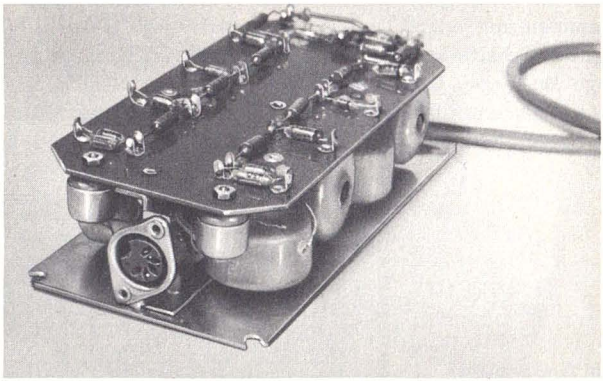


Bild 73. Ansicht des Tiefpaßfilters

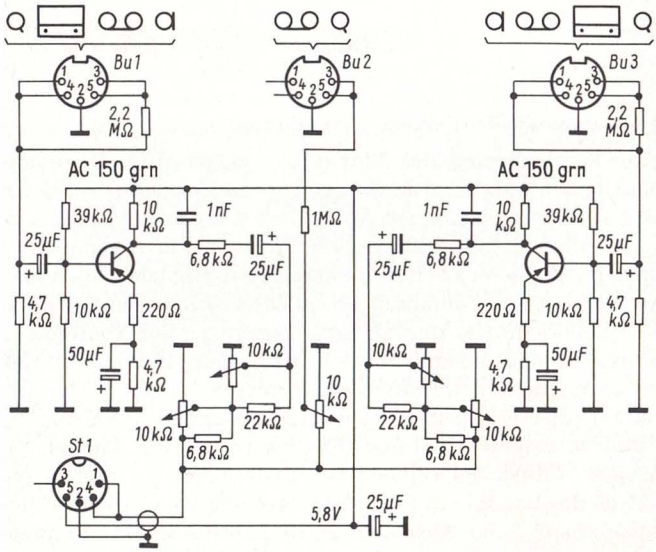


Bild 74. Schaltbild des Telefunken-mischpult

selbst ein Mischpult enthält. Das Telefunken-mischpult kann zusammen mit jedem Tonbandgerät verwendet werden. **Bild 74** zeigt das Schaltbild, **Bild 75** die Ansicht dieses Gerätes. Die Eingänge Bu 1 und Bu 3 sind empfindlicher als Bu 2. Um Übersteuerungen zu vermeiden und um unterschiedliche Pegel einander anzugleichen, haben sie Vorregler.

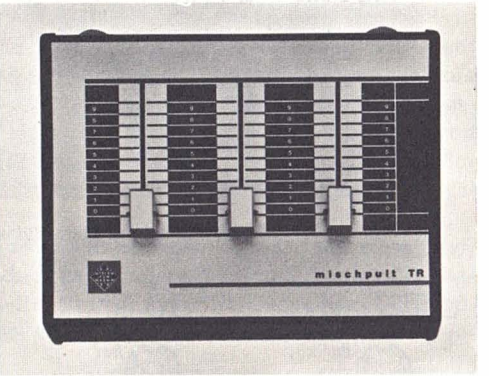


Bild 75. Ansicht des Telefunken-mischpult

c) Steuergerät für Diapositiv-Projektoren

Zur Fernbedienung des Bildwechsels eingerichtete Dia-Projektoren lassen sich auch durch das Tonband steuern, wobei eine mit der Bildvorführung synchrone Vertonung möglich ist. Hierzu eignet sich z. B. jedes Stereogerät, dessen erster Kanal die Vertonung und dessen zweiter Kanal die Steuersignale z. B. in Form von tonfrequenten Impulszügen enthalten. An diesen Kanal muß dann außerhalb des Gerätes eine Umsetzung der Tonfrequenz- in Schaltimpulse anschließen, am besten mit Hilfe eines Relais, dessen Kontakte den Dia-Projektor steuern.

Praktischer ist es, fertige Steuerzusätze zu verwenden.

Bild 76 zeigt ein solches Dia-Steuergerät von Philips, Typ EL 1995 (N 6400). Es versieht bei Tastendruck die Spur 4 (vgl. Bild 36) des Bandes mit Steuerimpulsen von 1000 Hz und schließt entsprechend beim Abspielen einen Arbeitskontakt zur Steuerung des Projektors. Ein Signallämpchen zeigt den Betriebszustand „Aufnahme“ an.

Bild 76. Philips-Dia-Steuergerät

Bequemer in der Handhabung ist die Verwendung eines Gerätes mit Impulskopf (z. B. Philips Cassetten-Recorder 2209), das über ein Zwischengerät mit dem Dia-Projektor verbunden wird, ohne daß eine mechanische Umlenkung des Bandes erforderlich wäre.

d) Hilfsgeräte zur Schmalfilmvertonung

Der 8-mm-Amateurfilm (Doppel-8 und Super-8) läßt sich auf verschiedene Weisen vertonen. Im wesentlichen sind zwei Prinzipien zu unterscheiden. Bei dem einen erhält der 8-mm-Film emulsionsseitig auf dem Steg zwischen Perforation und Trägerkante im Anschluß an die Filmentwicklung eine Magnetpiste. Sie wird entweder mit Hilfe einer das magnetisch aktive Material enthaltenden Paste aufgetragen, oder man klebt ein schmales Tonband einschließlich Träger auf den Film, nachdem die Emulsion entsprechend der Dicke des Tonbandes abgefräst wurde

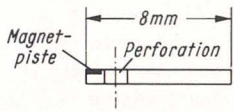


Bild 77. Schnitt durch einen 8-mm-Film mit eingelegter Magnetspur

(**Bild 77**). Wenn auch das Verfahren mit Magnetpiste ohne Schwierigkeiten eine lippensynchrone Vertonung ermöglicht, so müssen doch einige Nachteile beachtet werden: Es ist nur eine nachträgliche Vertonung bzw. Synchronisierung möglich, so daß für gleichzeitige Bild-Ton-Aufnahmen zusätzliche Geräte benutzt werden müssen. Außerdem sind die elektroakustischen Eigenschaften wegen der schmalen Magnetpiste von nur etwa 0,8 mm und durch die von der Bildfolgefrequenz bestimmte Filmgeschwindigkeit (etwa 6 cm/sec für Doppel-8 und etwa 7,5 cm/sec für Super-8) fest vorgegeben. Der Versatz Bild – Ton und vor allem die Lage des Tones vor dem Bild oder umgekehrt sind z. Z. nicht genormt. Daraus ergibt sich, daß Amateurfilme mit Magnetpiste nur auf Projektoren bestimmten Fabrikates wiedergegeben werden können.

Das Prinzip der Tonaufnahme und -wiedergabe solcher Filme entspricht weitgehend dem der normalen Tonbandgeräte, wenn auch wegen der schrittweisen Fortschaltung des Bildes für den gleichförmigen Bandtransport am Sprech/Hörkopf einiger Aufwand zur Bandberuhigung getrieben werden muß. Auf eine genaue Beschreibung soll daher an dieser Stelle verzichtet werden.

Das Zweibandverfahren kommt den Bedürfnissen des Amateurs, besonders, wenn er vom Tonband kommt, besser entgegen. Hier können getrennte Filmprojektoren und Tonbandgeräte benutzt werden. Es gibt zwar auch Tonfilmprojektoren, die von vornherein für das Zweibandverfahren konstruiert sind. Wegen des Charakters des vorliegenden Buches soll jedoch von der Mitbenutzung eines selbständigen Tonbandgerätes ausgegangen werden.

Für eine Schmalfilmvertonung genügt es keineswegs, Projektor und Tonbandgerät zum gleichen Zeitpunkt einzuschalten, da trotz sorgfältigsten Abgleiches der Geschwindigkeiten Bild und Ton sehr bald auseinanderlaufen würden. Zur Herstellung eines einwandfreien Synchronismus muß für gegenseitige Abhängigkeit beider Geräte gesorgt werden. Es ist klar, daß nicht das Tonbandgerät vom Projektor geregelt werden darf, weil unerträgliche Tonhöheschwankungen die Folge wären. Das Tonbandgerät muß also die Steuerung des Projektors übernehmen. Ein mehrspuriges Tonband könnte zum Beispiel auf einer Spur den Ton-

inhalt tragen und auf der anderen einen Steuer- oder Pilotton, der den Lauf des Projektormotors direkt oder durch Frequenzvergleich indirekt beeinflußt.

1. Tonkoppler

Der Vergleich von Film- und Tonband-Geschwindigkeit kann mechanisch oder elektrisch erfolgen. Für den mechanischen Vergleich zeigt **Bild 78** als Beispiel die Anordnung des Super-8-Projektors Bauer T 1 S. Das Tonband wird von den Köpfen des Bandgerätes ablaufend nicht direkt, sondern auf dem Umweg über den Projektor zur rechten Aufwickelspule geführt. Am Projektor passiert es eine Pendelrolle, die mit dem Schleifer eines Regelwiderstandes mechanisch in der Weise verbunden ist, daß bei Vergrößerung der Bandschleife der Projektormotor mehr Spannung erhält und umgekehrt. Den Vergleich der Bandge-

Bild 78. Führung des Tonbandes über den Projektor Bauer T 1 S

Bild 79. Projektor Bauer T 10 R mit zugehörigem Tonkoppler zusammen mit dem Tonbandgerät Grundig TK 40

schwindigkeit mit der Bildwechselfrequenz übernimmt eir Hilfstonrolle auf dem Projektor, die über ein Getriebe mit ein Umfangsgeschwindigkeit von 9,5 cm/sec läuft. Der Regelwide stand hat an bestimmter Stelle eine Unterbrechung, um z erreichen, daß der Projektor vom Tonbandgerät aus gestart und gestoppt werden kann.

Im beschriebenen Beispiel müssen Tonbandgerät und Projel tor direkt nebeneinander stehen. Eine elektrische anstelle ein mechanischen Kupplung ist dagegen in mancher Hinsicht b quemer, weil beide Geräte dann nur noch mit einem elektrische Kabel verbunden zu werden brauchen.

Ein Beispiel hierfür ist der Bauer-Projektor T 10 R automati mit zugehörigem Tonkoppler **(Bild 79)**, zu dem es Hilfstonrolle

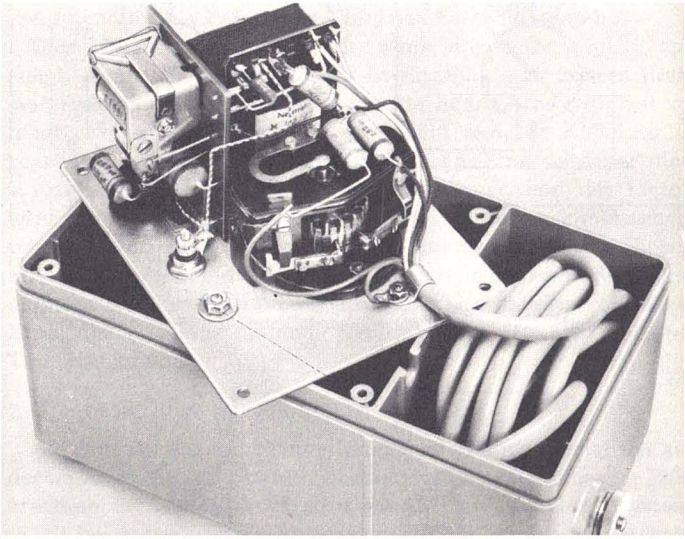


Bild 80. Die Innenansicht des Bauer-Tonkopplers läßt den Kollektor erkennen

für 4,75, 9,5 und 19 cm/sec gibt (19). Sie unterscheiden sich in ihren Durchmessern. Das zum Antrieb der Hilfstonrolle aufzubringende Drehmoment ist so klein, daß praktisch kein Schlupf auftritt. Im Tonkoppler ist ein Kollektor angeordnet **(Bild 80)** und im Projektor ein Satz Umschaltkontakte, dessen Wirkungsweise einem Kollektor entspricht. In der folgenden Erläuterung wird er zur Erleichterung des Verständnisses als Kollektor dargestellt **(Bild 81)**. Die beiden Kollektoren arbeiten in einer Koinzidenz-Schaltung. Hierzu sind sie in Serie geschaltet, bei Synchronismus ist die Drehzahl gleich. Je nach Phasenwinkel, den sie gegeneinander einnehmen, ist ihre Reihenschaltung je Umdrehung für eine längere oder kürzere Zeit geschlossen bzw. offen. Die Lamellenzahl führt zu einer Impulsfrequenz von 32/sec. Die Impulsbreite wird, wie schon festgestellt, durch den Phasenwinkel bestimmt.

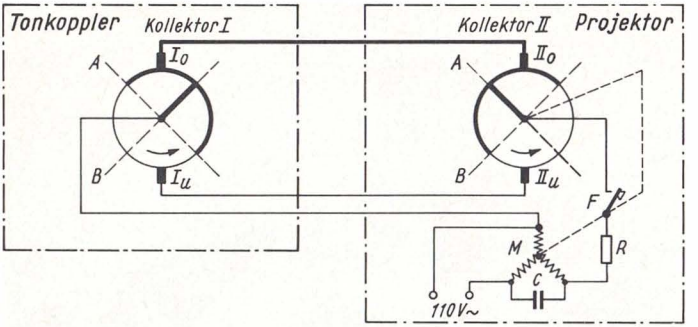


Bild 81. Prinzipschaltung der Synchronisierung mit Bauer-Tonkoppler. M = Asynchronmotor, C = Betriebskondensator, R = Regelwiderstand

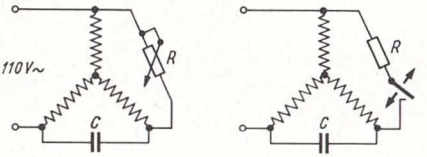


Bild 82. Asynchronmotor mit Sternwicklung und Widerstand zur Drehzahlregelung

Im Projektor wird ein Wechselstrom-Asynchronmotor verwendet. Dieser Motor läßt sich, wie **Bild 82** zeigt, mit dem Widerstand R regeln. Das Schaltbild zeigt einen sterngewickelten Asynchronmotor mit Betriebskondensator C und dem Regelwiderstand R. Bei Verkleinerung des Widerstandes ändert sich die Phasenlage der Ströme in der Sternwicklung, der Schlupf wird größer und die Drehzahl fällt. In der praktischen Anordnung wird aber kein Regelwiderstand verwendet, sondern ein Festwiderstand in Reihe mit der durch die zwei Kollektoren gebildeten Koinzidenzschaltung. Die Wirkung einer periodischen Einschaltung des Widerstandes ist der dauernden Einschaltung eines Widerstandes mit entsprechend höherem Wert gleichzusetzen. Dabei führt die Verlängerung der periodischen Einschaltdauer (Impulsbreite) zu einer Verkleinerung des als konstant eingeschaltet gedachten Festwiderstandes. Die kontinuierliche

Impulsbreitenregelung, die also von der Phasenlage der Kollektoren abhängt, entspricht demnach einer Widerstandsänderung von unendlich bis herab zum Wert des Festwiderstandes.

Diese Phasenlage ändert sich, wenn die Netzspannung ansteigt, wenn der Projektor nach Erwärmung eine höhere Freilaufgeschwindigkeit hat oder wenn die Bandgeschwindigkeit zu niedrig liegt. In diesem Falle verschiebt sich der Kollektor II gegenüber Kollektor I nach hinten. Die Einschaltdauer des Widerstandes ist deshalb pro Umlauf länger, und der Motor wird abgebremst. Die Drehzahl beider Kollektoren bleibt erhalten, nur sind sie etwas mehr gegeneinander verdreht. Dieser Mechanismus läßt sich mit einer Gummiwelle zwischen Projektor und Tonkoppler vergleichen, die sich zwar in sich verdrehen kann, die aber eine laufende Verschiebung zwischen Bild und Ton nicht zuläßt.

2. *Synchronisation mit Pilotton*

Als Beispiel für die Filmvertonung mit Pilottonverfahren sei der im Abschnitt XV c bereits behandelte Cassettenrecorder 2209 erwähnt. Sein Impulskopf wird gemäß dem Einheitstonsystem (ETS) bei jedem vierten Filmbild durch ein Synton-Steuergerät angesteuert. Damit ist eine „elektronische Perforierung" des Tonbandes starr zum Filmablauf gegeben. Werden dann bei der Vorführung Cassetten-Recorder und Projektor bei gleichen Startmarken in Betrieb gesetzt, steuert die Impulsspur über das Zusatzgerät Synton 8 T (Braun) den Projektor (Braun FP 5) synchron zum Begleitton.

Das Pilottonverfahren erlaubt auch die synchrone Tonaufnahme beim Filmen, was mit dem Tonkoppler nicht möglich ist. Voraussetzung hierzu ist, daß man eine Filmkamera verwendet, die einen eingebauten Synchrongenerator hat, der den Impulskopf des Tonbandgerätes – wieder jedes vierte Bild – ansteuert.

e) Schaltungen zur dynamischen Rauschverminderung

Jedem Aufzeichnungsverfahren ist ein unerwünschtes Grundrauschen zu eigen. Der Fremdspannungsabstand ergibt sich aus dem ausgangsseitigen Verhältnis der Nutzspannung bei Vollaussteuerung (definiert durch Klirrfaktor 3 %) zur Fremdspan-

nung, die im wesentlichen durch das Grundrauschen gegeben ist. Nach DIN 45 500 Blatt 4 beträgt die Anforderung an Heimstudiogeräte mit 19 cm/sec Bandgeschwindigkeit min. 43 dB. Die Empfindlichkeitscharakteristik des menschlichen Ohres läßt aber den Fremdspannungsabstand bewertet empfinden, und zwar im günstigsten Sinne: das Rauschen wird subjektiv geringer empfunden als linear gemessen. Aus diesem Grunde ist der bewertet gemessene Ruhe-Geräuschspannungsabstand physiologisch der wichtigere. Den erwähnten 43 dB entsprechen 48 dB Ruhe-Geräuschspannungsabstand. Dieser Wert befriedigt nicht in allen Fällen, besonders dort nicht, wo das aufgezeichnete Schallereignis einen hohen Dynamikumfang hat. Auf S. 27 wurde bereits die Amplitudenstatistik erwähnt. Sie wird bei der aufnahmeseitigen Vorverzerrung genutzt und ermöglicht erst die Einhaltung der Anforderungen DIN 45 500. Eine weitere Verbesserung des Ruhe-Geräuschspannungsabstandes erfordert zusätzliche Maßnahmen: die dynamischen Methoden zur Geräuschabsenkung. Zwei Verfahren sind bekannt: die Dolby-Verfahren A und B der Dolby Laboratories Inc. und das DNL (Dynamic Noise Limiter) von Philips.

Bei der Amplitudenstatistik hoher Frequenzen geht man von einem erfahrungsgemäßen Anteil der Oberwellen zur Grundwelle aus. Die Dynamik eines Schallereignisses wird aber vorwiegend vom Amplitudenverhältnis der Grundwellen bestimmt. Das Grundrauschen des Gerätes wird aber nur in Modulationspausen bzw. bei Pianissimostellen hörbar. Während dynamische Methoden zur Geräuschabsenkung naturgemäß nicht die systemgebundenen Eigenschaften ändern können, verändern sie die Dynamikverhältnisse in dem Sinne, daß der empfundene Geräuschspannungsabstand vergrößert wird, ohne zugleich den Klangeindruck zu verändern.

1. Dolby-Verfahren

Prinzipiell verringert das Dolby-Verfahren den Dynamikumfang des Schallereignisses bei der Aufnahme und vergrößert ihn im gleichen Verhältnis bei der Wiedergabe. Damit wird das originale Klangbild wieder hergestellt, der Geräuschspannungsabstand aber um das Maß der Dynamikkompression vergrößert.

Das Dolby-A-System wendet dies Verfahren in vierfach unterteiltem NF-Frequenzband an. Bei der Wiedergabe also wird jeweils nur der Ausschnitt aus dem Frequenzbereich „geöffnet", in dem ein Signal angeboten wird. Dieses Verfahren ist recht aufwendig, weshalb es auch nur im professionellen Bereich verwendet wird.

Wenn nicht vierkanalig, sondern einkanalig, und das natürlich im oberen Frequenzbereich „dolbisiert" wird, kommt man zum für das Amateurwesen interessanteren Dolby-B-System: Bei 5 kHz wird der Rauschabstand um 10 dB verbessert.

Das System sieht Kompression bei der Aufnahme und Expansion bei der Wiedergabe vor. Erfahrungsgemäß lassen sich jedoch dolbisierte Aufnahmen je nach Musikinhalt auch ohne Entzerrung wiedergeben. Man muß sich aber darüber klar sein, daß bei leisen Passagen die Oberwellen überbetont wiedergegeben werden. Während hierdurch ein Überdeckungseffekt gegenüber dem Rauschen entsteht, bleibt in Modulationspausen der empfundene Rausch-Grundpegel erhalten.

2. DNL-Verfahren

Das DNL-Verfahren wird nur bei der Wiedergabe angewendet. Es macht von der Tatsache Gebrauch, daß der Anteil an Oberwellen von Musikinstrumenten im Vergleich zu den Verhältnissen bei großer Lautstärke klein ist, wenn sie nur leise angeblasen bzw. -gestrichen werden. Der Oberwellengehalt ist also bei Pianostellen geringer als bei Fortestellen. Aus diesem Grunde darf der Frequenzgang des Schallaufnahmesystems bei leisen Stellen im oberen Frequenzbereich abgesenkt werden, ohne daß das empfundene Klangbild verfälscht wird.

Die DNL-Schaltung wirkt daher als Tiefpaßfilter mit einer Eckfrequenz von 5 kHz, solange keine hohen Frequenzanteile im Programm vorhanden sind. Die Schaltung spricht erst beim Auftreten hoher Frequenzen an und hebt die Filterwirkung um so mehr auf, je höher die Amplituden der hohen Frequenzen sind. Ab 38 dB unter Vollaussteuerung erfolgt keine Beeinflussung des Frequenzganges mehr. Die maximale Absenkung liegt bei 15 dB (12 kHz).

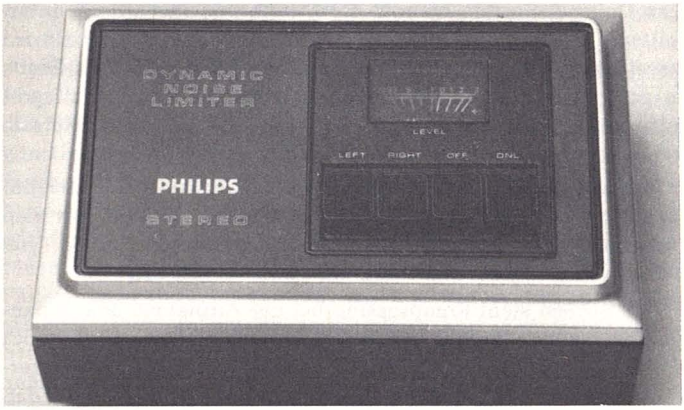


Bild 83. DNL-Zusatzgerät Philips N 6720

Die DNL-Schaltung ist daher auf alle Tonquellen mit Rauschanteilen oberhalb 5 kHz anwendbar und führt zur Verbesserung der Wiedergabe nicht vorbehandelter, also z. B. älterer Aufnahmen.

Bild 83 zeigt ein im Handel erhältliches DNL-Zusatzgerät, das z. B. zwischen Tonbandgerät und Verstärker geschaltet werden kann. Die Schaltung ist in Bild 63 enthalten.

f) Wickelkerne, Spulen und Kassetten

Amateurgeräte sind durchweg für Spulen mit sogenannter Dreizackaufnahme eingerichtet. Spulen sind sicher gegen herabfallende Bandwindungen, und sie erfordern auch einen geringeren Bandzug, als er für freitragende Wickel notwendig wäre. Studiogeräte sind zumeist mit der AEG-Aufnahme ausgestattet. Zu diesen gibt es Wickelkerne, auf die das Band zu einem freitragenden Wickel aufgespult wird. Sie sind billiger als Spulen und bei Verwendung von Zwischenstücken insbesondere für kurze Bandlängen auch für Amateurgeräte geeignet. Nachstehend werden die verschiedenen Artikel, es werden hier Erzeugnisse

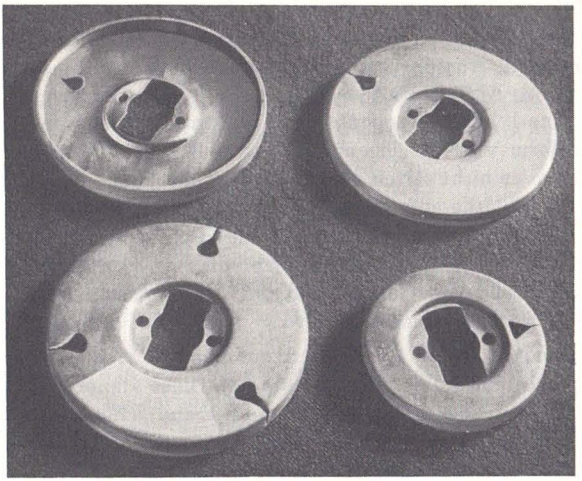


Bild 84. Wickelkerne für AEG-Aufnahme

der Firma Carl Schneider besprochen, beschrieben und miteinander verglichen.

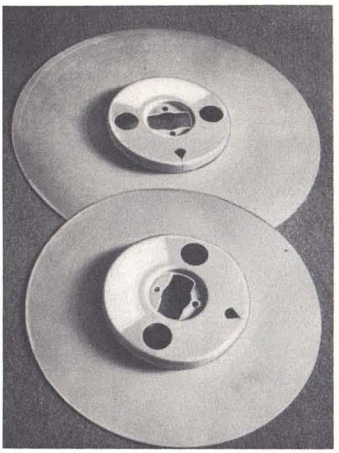


Bild 85. 100-mm-Wickelkerne mit angeflanschtem Teller

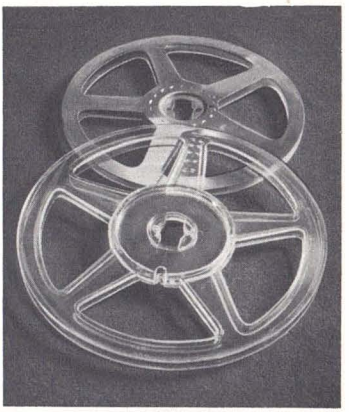


Bild 86. Flanschspulen für AEG-Aufnahme

Spulen und Kerne für AEG-Aufnahme

In **Bild 84** werden verschiedene einfache Wickelkerne gezeigt. Die kleinste Ausführung besitzt einen Außendurchmesser von 70 mm, der Auflagerand ist ebenso wie bei den anderen Wickelkernen nach innen gezogen. Der so geformte Auflagerand besitzt wesentliche Vorteile gegenüber nach außen gehenden Rändern, bei denen es nicht selten vorkommt, daß das Band, statt sich auf die Aufspulfläche aufzulegen, vom Rand gefangen wird, sich verzieht oder abreißt, oder den mit Recht so gefürchteten Bandsalat verursacht. Kerne ohne Rand besitzen diesen Nachteil zwar nicht, jedoch besteht die Gefahr, daß der Einfädelschlitz durch den Bandzug zusammengezogen wird.

In manchen Fällen ist die Verwendung von Wickelkernen mit angeflanschtem Teller günstig **(Bild 85)**. Diese stehen mit Durchmessern von 200 mm (350-m-Standardband), 250 mm (700-m-Standardband) und 300 mm (1 000-m-Standardband) zur Verfügung.

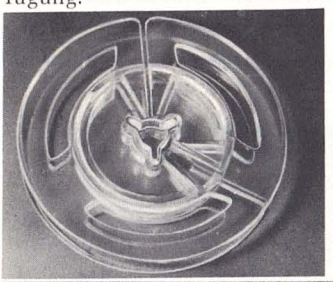


Bild 87. Plastikspule (8er) mit 75 mm Außendurchmesser für Dreizackaufnahme

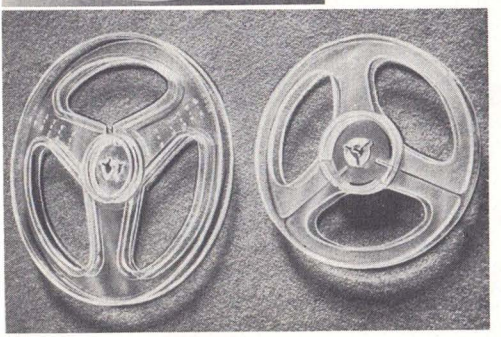


Bild 88. Plastik-Flanschspulen für Dreizackaufnahme

Bänder, die auf Geräten mit AEG-Aufnahme aufgenommen wurden, wird man, besonders bei kleinem Bandzug, nicht als freitragenden Wickel verschicken, sondern auf Flanschspulen. **Bild 86** zeigt solche Spulen, die es bei einem einheitlichen Kerndurchmesser von 100 mm mit 220, 250 und 300 mm Außendurchmesser gibt.

Spulen für Dreizackaufnahme

Spulen für Dreizackaufnahme gibt es in zahlreichen Ausführungen mit Außendurchmessern zwischen 75 **(Bild 87)** und 220 mm und mit Kerndurchmessern zwischen 45 und 100 mm (vgl. Tabelle 5 auf Seite 66).

Insbesondere in den USA gibt es Geräte, bei denen der Wickeldorn, der die Spule aufnimmt, keine Mitnehmer-Leisten trägt, die die Spule gegen Verdrehen sichern. In diesen Fällen ist in

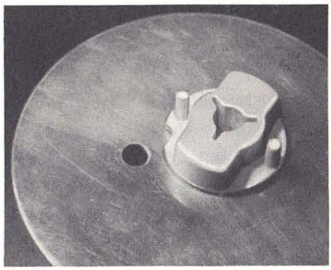


Bild 89. Zwischenstück Dreizack/AEG-Aufnahme

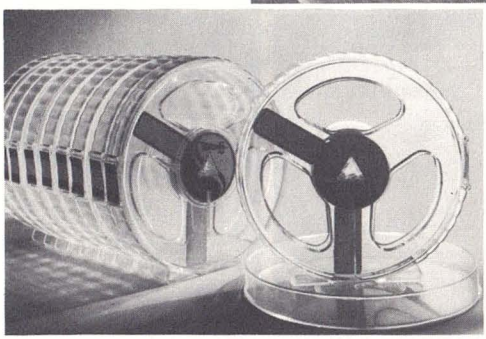


Bild 90. Polystyrol-Kassetten mit Standfläche

bestimmtem Abstand vom Aufnahmedorn ein Mitnehmerstift angeordnet, der in die mit entsprechenden Löchern versehenen Spulen greift.

Alle Spulen haben einen radialen Einfädelschlitz. Daher braucht man beim Einlegen des Bandes nicht mehr den Flansch zu unterfahren, wie dies bei älteren Spulenarten erfolgen mußte. Man zieht das Band bis zum Ende des Einfädelschlitzes ein und läßt die Maschine anlaufen. Das Band legt sich nun richtig in einen Wickelschlitz der Aufspulfläche.

Das Aufkommen amerikanischer Spulenkerne (NARTB-Kerne) veranlaßte die Entwicklung von Zwischenstücken, von denen ein Teil in **Bild 89** gezeigt wird. Dieses Zwischenstück paßt auf Geräte mit Dreizackaufnahme (auch mit Mitnehmer), so daß wahlweise Wickelkerne mit AEG-Aufnahme benutzt werden können. Der vollständige Adapter-Satz besteht aus: Grundplatte (wahlweise 100 oder 178 mm Durchmesser), Dreizack/AEG-Teil und AEG/NARTB-Teil.

Kassetten

Die sogenannte Compact-Cassette hat von allen Bauformen die weiteste Verbreitung. Die Außenabmessungen liegen naturgemäß fest – der Vorteil dieses Prinzips liegt bei bewußtem Verzicht auf individuelle Anpassungsmöglichkeiten in der Einheitlichkeit. Handelsüblich sind die Compact-Cassetten C 60, C 90

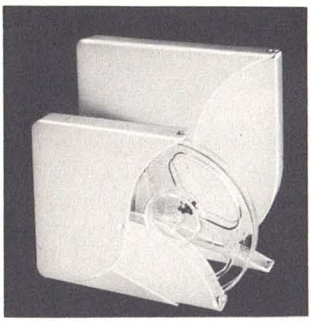


Bild 91. Archivkassetten

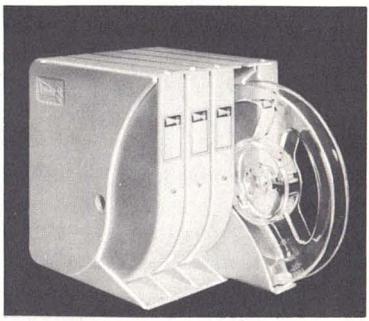


Bild 92. Fünffache Archivbox

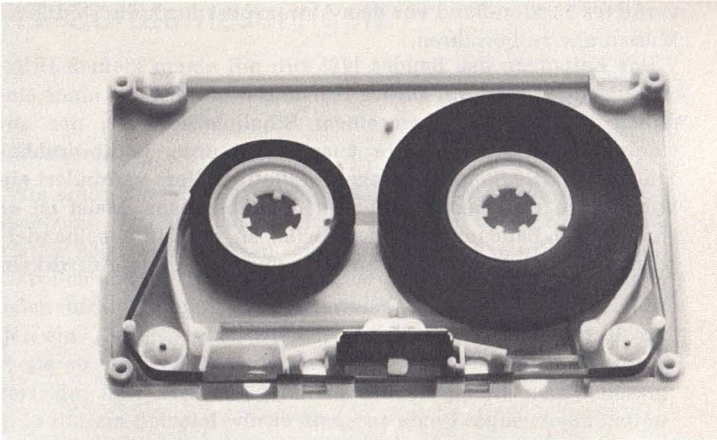


Bild 93. Geöffnete Compact-Cassette
(BASF mit „SM"- Spezial-Mechanik zur besseren Bandführung)

und C 120 mit einer Spieldauer von 2 × 30, 2 × 45 bzw. 2 × 60 min (vgl. Tabelle 6 auf Seite 67).

Neben dem Vorteil der einfachen Handhabung gibt es eine einfache, aber wirkungsvolle Sicherung gegen versehentliches Löschen: Die hintere schmale Fläche der Kassette, also die der Bandseite abgewandte Seite, hat zwei herausbrechbare quadratische Plastikstücke. Wenn diese herausgebrochen sind, das ist z. B. bei den fertig bespielten „MusiCassetten" der Fall, greift ein zum Gerät gehörender mechanischer Hebel in die freigewordene Öffnung und blockiert die Aufnahmetaste. **Bild 93** gibt eine Ansicht vom Inneren der Compact-Cassette.

Bandsalat

Eine etwas unangenehme Sache ist der Bandsalat, der bei Benutzung von Wickelkernen gelegentlich vorkommen kann. Dann gibt es eine Regel, bei deren Beachtung die Sache halb so schlimm ist. Sie heißt: Geduld. Wer nervös wird, wird es schwer haben, das verfitzte Band wieder richtig aufzuwickeln. Der Verfasser hat selten mehr als eine halbe Stunde gebraucht, um ein

verfitztes 1 000-m-Band vor dem Abtransport durch die städtische Müllabfuhr zu bewahren.

Das Entwirren des Bandes läßt sich mit einem kleinen Hilfsmittel sehr erleichtern. Dieses Hilfsmittel besteht aus einer einfachen Drehscheibe, etwa einem Schallplattenteller, der auf einem Motor, dessen Rotor ausgebaut wurde, leicht drehbar gelagert ist. Die Sammetauflage des Plattentellers verhindert ein Verrutschen des Bandes während des Abspulens. Meist ist es günstig, die Bandspule an der Stelle, an der sie auseinandergefallen ist, einfach aufzuschneiden und nach dem Aufwickeln wieder zusammenzukleben.

XVI. Gerätemessungen

a) Laufwerk

Wie schon dargelegt, ist ein gleichmäßiger Bandtransport Voraussetzung für das einwandfreie Arbeiten eines Magnettongerätes. Alle Lager müssen leicht laufen. Die Tonrolle, die Umlenkrollen und die Andruckrolle, aber auch die Spulenlagerungen dürfen nicht schlagen. Beispielsweise führt eine Exzentrizität oder ein „Schlag" einer 10-mm-Tonrolle in Größe von 10 µm bereits zu einer Gleichlaufschwankung von 2 ‰, also zu einem Wert, der laut DIN 45 511 für 19 cm/sec gerade noch zulässig ist. In diesem Beispiel würde übrigens eine Frequenzmodulation mit 6 Hz erfolgen, die recht störend ist.

Ein Verfahren zur Messung langfristiger Geschwindigkeitsänderungen ist folgendes (12): Mit der zu prüfenden Maschine wird der 50-Hz-Netzton aufgenommen und anschließend mit derselben Maschine wieder abgehört. Die Ausgangsspannung wird auf ein Plattenpaar eines Elektronenstrahl-Oszillografen gegeben, auf das andere wieder die Netzfrequenz. Es bildet sich auf dem Schirm die bekannte Lissajous-Figur, und zwar je nach Phasenlage der beiden Wechselspannungen als Strich, Ellipse oder Kreis. Wenn die Maschine in gleicher Weise läuft wie bei der Aufnahme, muß die Figur stehen. Bei ungleichmäßigem Lauf verdoppelt sich im ungünstigsten Fall der Fehler.

Wenn nun das Band umgedreht wird, also mit normaler Geschwindigkeit rückwärts abgespielt wird, zeigen sich Fehler, die durch Geschwindigkeitsänderungen über die ganze Bandlänge verursacht werden. Beim Abspielen eines 50-Hz-Tonbandes, das mit einer einwandfreien Maschine aufgenommen wurde, zeigt sich unter der Voraussetzung, daß die Netzfrequenz genau 50 Hz beträgt, bereits der kleinste Gleichlauffehler durch Drehung der Lissajous-Figur.

Eine volle Umdrehung der Figur bedeutet einen Fehler von 0,03 %. Nach DIN 45 511 soll die Bandgeschwindigkeitsabweichung von Heimgeräten z. B. höchstens ± 2 % betragen. Für

Studiogeräte gelten ± 0,2 %, für Heimstudio-Anlagen 1 %. Das beschriebene Meßverfahren eignet sich auch zum Bandgeschwindigkeits-Vergleich mehrerer Maschinen. Mit der einen wird der Ton aufgenommen und mit den anderen abgespielt und ausgewertet. Wenn die Messungen in ausreichend kurzer Zeit, in der sich die Netzfrequenz praktisch nicht ändert, durchgeführt werden, fällt der Netzfrequenzfehler heraus.

Die Arbeitsspalte der Magnetköpfe müssen genau senkrecht zur Bandlaufrichtung stehen. Bereits ein geringes Verkanten führt zu empfindlichen Verlusten an hohen Frequenzen. Bei einer Frequenz von 10 kHz führt die Verkantung des Hörkopfes voller Spurbreite um nur 5 Winkelminuten bei einer Bandgeschwindigkeit von 19 cm/sec bereits dazu, daß obere und untere Spaltenden um die halbe Wellenlänge versetzt sind. Die an diesen Stellen aufgenommenen Anteile des Bandflusses heben sich bereits auf. Viertelspurköpfe sind daher gegen Verkantung am unempfindlichsten, da die Spaltlänge nur etwa 1/6 beträgt.

Auf Grund der starken Abhängigkeit der Wiedergabe hoher Frequenzen von der genauen Justage des Hör- bzw. Kombikopfes benutzt man zum Einstellen Tonbänder, die eine 10-kHz-Aufzeichnung besitzen und besonders genau besprochen wurden. Bei Geräten mit getrennten Sprech- und Hörköpfen wird anschließend eine hohe Frequenz aufgenommen und der Sprechkopf so eingestellt, daß der Pegel am Ausgang bei Kontrolle Über-Band seinen Größtwert erhält.

b) Verstärker

Zum Einregeln des Frequenzganges wird vorteilhaft ein DIN-Bezugsband verwendet (DIN 45 513 Bl. 1 bis 6), für 9,5 cm/sec das Bezugsband 9,5. Es besitzt folgende Aufzeichnungen:

1. Pegeltonteil mit 333 Hz zur Festlegung des Bezugspegels,

2. Aufzeichnung von 10 kHz zur Spalteinstellung sowie eine Aufzeichnung von ca. 333 Hz zum überschläglichen Abschätzen des Frequenzganges,

3. Frequenzgangteil zur Messung und zum Abgleich des Frequenzganges mit folgenden Aufzeichnungen: 333 – 31,5 – 40 – 63 – 125 – 250 – 500 – 1 000 – 2 000 – 4 000 – 6 300 – 8 000 – 10 000 – 12 500 – 333 Hz,

4. ferner ist ein Leerteil für Probeaufnahmen der einzustellenden Maschine vorhanden. Mit Hilfe eines Tonfrequenzgenerators wird der Aufsprechverstärker so eingestellt, daß der Ausgangspegel des Abhörverstärkers konstant ist. Aus im Kapitel IV b erläuterten Gründen darf das nicht mit vollem Pegel geschehen, da sonst durch Übersteuerung Meßfehler entstehen.

Für die Festlegung des Frequenzbereiches nach DIN 45 511 gilt für Heimgeräte folgendes:

Wie in **Bild 94** oben gezeigt wird, sind die Grenzen des Gesamtfrequenzganges durch diejenigen Frequenzen gegeben, bei denen, bezogen auf 1 000 Hz, ein Abfall um 5 dB erfolgt. Zwischen dem 1,5fachen Wert der unteren Grenzfrequenz *fu* und dem 0,66fachen Wert der oberen Grenzfrequenz *fo* darf der Abfall 3 dB nicht überschreiten.

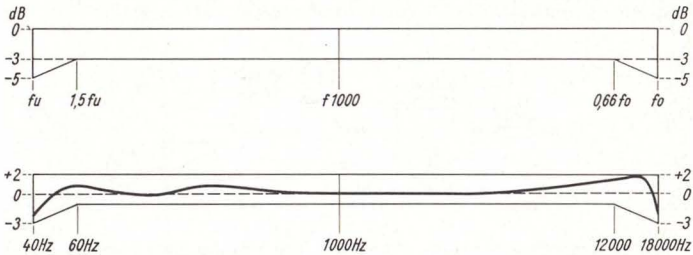


Bild 94. Oben: Toleranzfeld des zulässigen Frequenzganges für Heimgeräte nach DIN 45 511. Unten: Beispiel einer Frequenzkurve eines Tonbandgerätes innerhalb des Toleranzfeldes (Grundig)

Falls an einer oder mehreren Stellen der Frequenzkurve ein auf 1 000 Hz bezogener Anstieg erfolgt, darf das Toleranzfeld entsprechend verschoben werden. Dabei verringert sich dann aber der zulässige Abfall an den Bereichsenden. Bild 94 unten zeigt als Beispiel die Frequenzkurve eines Tonbandgerätes nach DIN 45 511 (Grundig).

Für die Kontrolle des Wiedergabeverstärkers ist man nicht unbedingt auf Bezugsbänder angewiesen, obgleich man sich möglichst ihrer bedienen sollte. Es gibt z. B. eine Ersatzschaltung des Tonbandes (2). In **Bild 95** ist sie gezeigt. An den Eingang wird

ein Tonfrequenzgenerator geschaltet. Der Hörkopf liefert an den Wiedergabeverstärker nun die gleiche Spannung, wie sie vom Testband stammen würde. Auch in diesem Fall ist also der Verstärker so einzuregeln, daß die Ausgangsspannung unabhängig von der mit dem Tonfrequenzgenerator eingestellten Frequenz ist. Die Meßpunkte liegen bei 60, 1 000 und 10 000 Hz. Bei dazwischenliegenden Frequenzen treten Fehler bis ± 0,5 dB auf. Die hier gezeigte Ersatzschaltung entspricht nur einer Bandgeschwindigkeit von 76 cm/sec und gilt für einen 70-mH-Hörkopf.

Unter Umständen genügt es auch, eine kleine eisenfreie Sonde vor den Hörkopf zu legen und sie stromkonstant aus einem Tonfrequenzgenerator anzusteuern. Es ergibt sich dann zwar der ω-Gang, aber die Spaltverluste und die Bandflußdämpfung werden nicht berücksichtigt, wenn man der Sonde nicht geeignete Glieder vorschaltet.

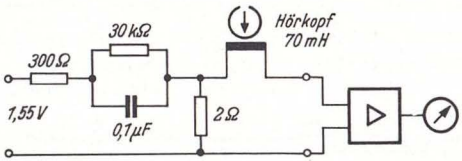


Bild 95. Mit Hilfe einer solchen Schaltung läßt sich das Abspielen eines Testbandes zu Meßzwecken umgehen. Sie ersetzt das Laufwerk und entspricht der Abtastung eines in diesem Beispiel mit 76 cm/sec aufgenommenen Meßbandes

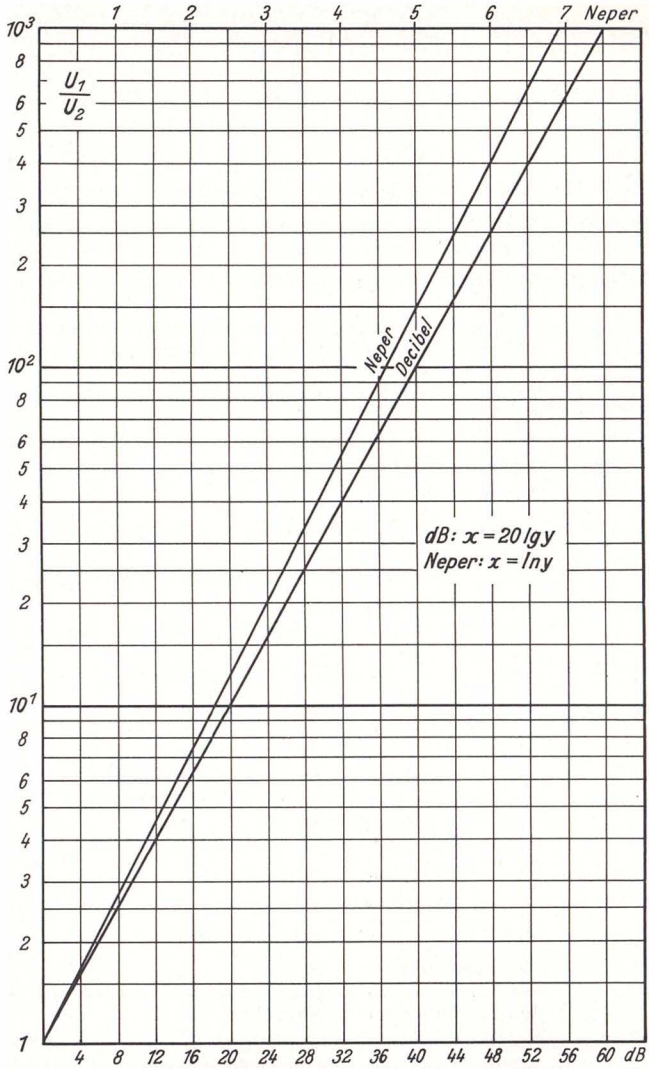
Messung der *Dynamik:* Es kommen zwei Messungen in Betracht: die der *Fremdspannungsdynamik* als Verhältnis der Nutzspannung am Ausgang des Wiedergabeverstärkers bei vollem Pegel zur Störspannung, die durch Brummen und Rauschen beim Durchlauf eines auf der Maschine gelöschten aber nicht besprochenen Bandes gegeben ist. Es sind hierzu zwei Spannungsmessungen mit einem den Effektivwert anzeigenden Instrument zu machen.

Eine weitere Messung betrifft den *Ruhegeräuschspannungsabstand,* der der Fremdspannungsdynamik entspricht, jedoch die Frequenzcharakteristik des Ohres berücksichtigt. Dieser Wert ist

ein Maß für die subjektive Störempfindung, er ist zahlenmäßig größer als die Fremdspannungsdynamik und wird unter Zwischenschaltung eines Bewertungsfilters gewonnen.

Leider tritt neben der Ruhegeräuschspannung, die sich aus restlichem Bandrauschen und aus Störspannungen des Verstärkers zusammensetzt, noch ein zusätzliches, wegen des Verdeckungseffektes des Ohres aber nur wenig störendes Rauschen auf, das sogenannte *Modulationsrauschen*. Dieses ist auf Unvollkommenheiten u. a. des Bandes und der Köpfe sowie ihres Zusammenwirkens zurückzuführen. Es hängt von der Amplitude und Zusammensetzung des Nutzsignales ab und verschwindet während der Modulationspausen.

Meßtechnisch ist das Modulationsrauschen nur schwer zu erfassen. Es wird durch Messung des Gleichfeld-Rauschspannungsabstandes ersetzt, und es entspricht dann dem Modulationsrauschen der Aufzeichnungsfrequenz 0 Hz.



Umrechnungstafel dB – Neper – Spannungsverhältnis

Verzeichnis von Normblättern

DIN 15 881	Film 8 mm, Bildpositiv mit Magnettonstreifen
DIN 15 881	Blatt 2: Film 8 mm, Bildpositiv mit Magnettonstreifen für Film 8 mm Typ S
DIN 45 500	Heimstudio-Technik (Hi-Fi) Blatt 1: Allgemeine Bedingungen, Kennzeichnung Blatt 4: Mindestanforderungen an Magnetbandgeräte Blatt 6: Mindestanforderungen an Verstärker Blatt 7: Mindestanforderungen an Lautsprecher Blatt 8: Mindestanforderungen an Kombinationen und Anlagen
DIN 45 507	Meßgerät für Frequenzschwankungen bei Schallspeichergeräten
DIN 45 510	Magnettontechnik, Begriffe
DIN 45 511	Magnetbandgeräte für Schallaufzeichnungen auf Magnetband 6 Blatt 1: Mechanische und elektrische Anforderungen
DIN 45 512	Magnetbänder für Schallaufzeichnung Blatt 1: Maße und anzugebende mechanische Eigenschaften Blatt 2: Elektroakustische Eigenschaften
DIN 45 513	Magnetbandgeräte für Schallaufzeichnung Blatt 1: DIN-Bezugsband 76 für Magnetband 6 Blatt 2: DIN-Bezugsband 38 für Magnetband 6 Blatt 3: DIN-Bezugsband 19 für Magnetband 6 Blatt 4: DIN-Bezugsband 9,5 für Magnetband 6 Blatt 5: DIN-Bezugsband 4,75 Blatt 6: DIN-Bezugsband 4,75 für Magnetband 4
DIN 45 514	Spulen für Magnetbandgeräte
DIN 45 515	Wickelkern für Magnetbandgeräte
DIN 45 516	Bandkassette für Schallaufzeichnung
DIN 45 517	Zerlegbare Spulen Blatt 1: Wickelkern, Flansch, Schraube, Mutter Blatt 2: Mitnehmerscheibe, Griff
DIN 45 519	Meßverfahren für Bänder Blatt 1: Messung der Kopierdämpfung Blatt 2: Messung von Bandflußschwankungen

DIN 45 520	Verfahren zum Messen von Absolutwert und Frequenzgang des remanenten magnetischen Bandflusses auf Magnettonbändern
DIN 45 521	Magnetbandgeräte, Messung der Übersprechdämpfung bei Mehrspurgeräten
DIN 45 522	Meßverfahren für Magnetbänder für Schallaufzeichnung Blatt 1: Bestimmung der Reibungszahl Blatt 2: Bestimmung der Schmiegsamkeit Blatt 3: Bestimmung der Nennbelastbarkeit Blatt 4: Bestimmung der Säbelförmigkeit
DIN 45 523	Auslösung von Schaltvorgängen durch Magnetbandgeräte für Schallaufzeichnung
DIN 45 524	Bestimmung der Bandgeschwindigkeit bei Magnetbandgeräten
DIN 45 525	Bestimmung der Gebrauchsdauer von Batterien bei Speisung von Magnetbandgeräten für Schallaufzeichnung

Bezugsquelle für Normblätter: Beuth-Vertrieb GmbH, 1 Berlin 30, Burggrafenstraße 4–7, 5 Köln, Friesenplatz 16 und 6 Frankfurt (M), Gutleutstraße 163–167

Literaturverzeichnis

(1) *Heinz Lübeck,* Magnetische Aufzeichnung mit Filmen und Ringköpfen. Akustische Zeitschrift, Jg. 2, 1937, Heft 6.

(2) Grundsätzliche Anforderungen an Magnetofonanlagen und Richtlinien zu deren Einstellung, herausgegeben von den Rundfunkgesellschaften der Bundesrepublik.

(3) *Dipl.-Ing. Rudolf Oerding,* Ein Beitrag zum Problem des Rauschens von Magnetofon-Schallaufnahmen. Funk und Ton 1950, Heft 4.

(4) *Dr. Walter Guckenburg,* Die Wechselbeziehungen zwischen Magnet-Tonband und Ringkopf bei der Wiedergabe. Funk und Ton 1950, Heft 2.

(5) *Dr. Abeck,* Über das Kleben von Tonbändern. Funkschau 30 (1958), Nr. 16.

(6) *Dr. Abeck,* Kopiereffekt schichtförmiger Magnetspeicher. Kinotechnik 1964, Heft 9, Seiten 215, 216, 218.

(7) *H. G. Beier,* Uher-Werke München, Grenzen und Möglichkeiten moderner Vierspur - Stereo - Tonbandgeräte. Funkschau 1961, Heft 10, Seite 265–267.

(8) *Dr. B. Vinzelnberg,* Über den Kopiereffekt der Magnetofon-Filmbänder. Funk und Ton 1948, Heft 12.

(9) *Marvin Camras,* und *Robert Herr,* Duplicating Magnetic Tape by Contact Printing. Electronics, Bd. 22 (1949), Dezember.

(10) *Dr. Hans Schießer,* Gedruckte Magnettonbänder, ETZ-B, Band 8, Heft 12, 21. 12. 1956, Seite 473.

(11) Gedruckte Magnetbänder, Funkschau 1956, Heft 11, Seite 434.

(12) *A. Springer,* Fortschritte auf dem Gebiete der Magnettonaufzeichnung, Frequenz 1949, Heft 2.

(13) Grundig Technische Informationen.

(14) *Dr. Ing. F. Bergtold,* Neuer Gleichstrom-Kleinstmotor ohne Kollektor. Funkschau 37 (1965), Heft 17.

(15) Bericht aus dem Entwicklungslabor der Wolfgang Bogen GmbH, Verbesserung des Rauschabstandes durch neue Magnettonköpfe, Funkschau 1962, Heft 5, Seite 125.

(16) Spurkompatible Stereo-Tonbänder, Funkschau 1962, Heft 24, Seite 637.

(17) Anwendungsmöglichkeiten des Impuls-Synchronverfahrens beim wissenschaftlichen Amateurschmalfilm, Das Tonmagazin, 4. Jahrg., Heft 2, Seiten 73 bis 75.

(18) *Frank Frese,* Die Synchronvertonung von Amateurfilmen, 1. Teil. Funkschau 1963, Heft 1, Seiten 21 und 22.

(19) Das Bauer-Tonfilmsystem, Eugen Bauer GmbH.
Bauer-Filmpost, Eugen Bauer GmbH, Stuttgart-Untertürkheim.

(20) *H. G. Beier* und *H. Richt,* Magnettonlaufwerk mit kollektorlosem Gleichstrommotor. Funkschau 37 (1965), Heft 17.

(21) Artikel 23 910, Fa. Körting, 8211 Grassau. Artikel wird nicht mehr hergestellt.

(22) *Dr. B. Seidel,* Die thermoremanente Kopie mit Chromdioxid-Magnetband, Funkschau (1972), H. 21.

(23) *Dr. B. Seidel,* Chromdioxid-Magnetband und andere energiereiche Datenträger, Funkschau (1972), H. 19.

Firmenunterlagen, Prospekte.

Anschriftenverzeichnis

Bezug der Produkte über den Einzelhandel
– Keine Gewähr für Vollständigkeit –

AEG-Telefunken
Fachbereich Phono- und Magnetbandgeräte, 3000 Hannover-Linden, Göttinger Chaussee 76

Agfa
Agfa-Gevaert Aktiengesellschaft, 5090 Leverkusen-Bayerwerk

BASF
Badische Anilin & Sodafabrik AG, 6700 Ludwigshafen/Rhein

Bauer
Eugen Bauer GmbH, 7000 Stuttgart-Untertürkheim, Postfach 107

Bogen
Wolfgang Bogen GmbH, 1000 Berlin-Zehlendorf, Potsdamer Str. 23–24

Braun
Braun Aktiengesellschaft, Artikelbereich Foto, 6000 Frankfurt, Postfach 19 02 65

Grundig
Grundig Werke GmbH, 8510 Fürth/Bay., Kurgartenstr. 37

Nordmende
Norddeutsche Mende Rundfunk GmbH, 2800 Bremen, Postfach 8360

Metz
Metz Apparatewerke, 8510 Fürth/Bay., Postfach 84

Opta
Loewe-Opta AG, 8640 Kronach/Ofr., Postfach 220

Philips
Deutsche Philips GmbH, 2000 Hamburg 1, Postfach 1093

Saba
Schwarzwälder Apparate-Bau-Anstalt, 7730 Villingen/Schwarzwald

Schneider
Carl Schneider KG, 6101 Rohrbach-Darmstadt 2

Technisch-Physikalisches Laboratorium
Dipl.-Ing. Bruno Woelke, 8000 München 2, Nymphenburger Str. 47

Uher
Uher-Werke München, 8000 München 47, Postfach 37

Vollmer
Eberhard Vollmer, Technisch Physikalische Werkstätten, 7310 Plochingen a. Neckar

Sachverzeichnis

Amplitudenstatistik 27
Aufsprechentzerrer, -verstärker 31, 32, 41
Aufsprechfrequenzgang 26, 29, 30
Aufsprechvorgang 14
Aussteuerungsmesser 27
Austauschbarkeit von Bändern 28

Bandfluß, remanenter 28 ff.
Bandflußdämpfung 25, 26
Bandgeschwindigkeiten 30, 62
Bandreinigungsgabel 63
Bandsalat 117
Bandsorten 64 ff.
Bezugsband 120
Brumm-Kompensation 36

Cassetten 62, 67, 117
CCIR 29
Chromdioxid 65
Cuttern 48, 71

Diapositiv-Projektor 102, 103
DNL 89, 111
Dolby 110
Duoplay 51
Dynamik 63, 122

Echo-Effekt 48, 53, 54
Eisenoxid 65
Endlosbandkassette 67
Entmagnetisierungsdrossel 23

Fassungsvermögen von Spulen 68
Feldstärke 11
Ferrit-Löschkopf 21, 59
Fremden Aufnahmen, Wiedergabe von 55
Fremdspannungsdynamik 122

Gleichstromverfahren 17
Grenzhysteresis 17
Gummi-Andruckrolle 74

Hochfrequenz-Verfahren 19
Hochfrequenz-Vormagnetisierung 19
Hörkopf 14, 60
Hörkopf-EMK 24, 25
Hysteresis-Schleife 11

Induktion, magnetische 11
Integrierte Schaltung 41

Kleben 71
Koerzitivkraft 11
Kombikopf 61
Kontaktkopie 78, 80
Kopiereffekt 78
Kopierverfahren 78
Kraftflußdichte 11

Längsmagnetisierung 16
Leerlaufschaltung des Hörkopfes 35
Löschfrequenz 20
Löschkopf 14, 59

Masseband 65
Modulationsrauschen 123
Möbiusschleife 67
Monofone Aufnahmen 49, 51
Multiplay 52
Multiplayback 52
Multi-Synchron-Trick 52
Mu-Metall 36

NARTB 29, 116
Naßkleben 71

ω-Gang 25, 122

Permeabilität 11
Pilotton 109
Playback 8, 52

Rauschen 18, 21, 61, 109
Ringkern-Magnetkopf 14, 15
Ruhegeräuschspannungsabstand 20, 63, 117, 122

Schaltband 71
Scherung 13, 57
Schichtband 64
Schmalfilmvertonung 103
Shutter-Effekt 48
Signiertonband 67
Spaltverluste 25
Spielzeit 64, 68
Sprech/Hörkopf, siehe Kombikopf
Sprechkopf 14, 57
Sprechstrom 60
Spulen 113 ff.
Stereofonie 50
Stereo-Tiefpaßfilter 100
Streufeld, magnetisches 36
Synchronisation 8, 67, 104
Synchron-Trick 51
Synchro-Playback 51

Thermokopie 80
Tonkoppler 105
Tonrolle 75
Trickaufnahmen 51
Tricktaste 55
Trockenkleben 72

Umspielen 80

Vierspurverfahren 49, 54
Vollspurverfahren 48
Vormagnetisierungsfrequenz 21
Vorspannbänder 70

Wiedergabeentzerrer, -verstärker 35, 37, 41

Zackenschrift, magnetische 80
Zeitkonstante 28
Zweispurverfahren 49

Was halten Sie von diesem Buch?
Das möchten wir gerne wissen.
Setzen Sie ein paar Stichworte auf. Das genügt.
Vielen Dank sagt Ihnen der Franzis-Verlag

Urteil über _____ (Buchtitel)

Auf dieses Buch wurde ich aufmerksam durch

- Prospekt ☐
- Anzeige ☐
- Besprechung ☐
- Empfehlung ☐
- Schaufenster ☐

Fachgebiete, die mich besonders interessieren:

- Amateur-Elektronik ☐
- Radio- und Fernsehtechnik ☐
- Industrie-Elektronik ☐
- Elektrotechnik ☐
- Datenverarbeitung ☐

A	B	C	D
1	2	3	4
5	6	7	8
9	10	11	12

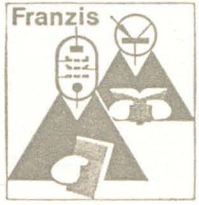
Vorname/Name

Beruf

Postleitzahl/Ort

Straße

Fachbücher
Funkschau
Elektronik



Das Buch in Ihrer Hand ist ein Franzis-Fachbuch. Der Franzis-Verlag hat sich auf Werke der Fachrichtung Elektronik spezialisiert. Wir informieren Sie gerne ausführlich über dieses Verlagsprogramm. Bitte geben Sie uns hierzu Ihre Wünsche an:

- ☐ 1 Gesamtverzeichnis
- ☐ 1 Probeheft FUNKSCHAU
- ☐ 1 Probeheft ELEKTRONIK

Bitte mit
30 Pf
frei machen

An den
Franzis-Verlag

8 München 37
Postfach 37 01 20

Junghans, Tonbandgeräte-Praxis

11. Auflage

9

Doppelband

RPB

Wer erfolgreich alle technischen Möglichkeiten des Tonbandgerätes nutzen will, findet in diesem Band einen neutralen Ratgeber. Das Wort Praxis im Titel weist darauf hin, daß die Anwendung in der Darstellung Vorrang hat.

Beginnend bei den physikalischen Grundlagen und endend bei den Zusatz- und Hilfsgeräten, bespricht der Autor u. a. Tondbandverstärker mit integrierter Schaltung, Bandsorten, Voll- und Mehrspurverfahren. Eine Übersicht über industrielle Magnettongeräte ist eine gute Entscheidungshilfe bei der Auswahl der richtigen Geräte. Diese Auflage wurde kräftig bearbeitet und dem neuesten Stand der Technik angepaßt.

Der Autor:

Ing. Wolfgang Junghans baute sein erstes Tonbandgerät mit ganz primitiven Mitteln vor 25 Jahren. Er hat eine der ersten Selbstbauanleitungen für Tonbandgeräte geschrieben. Er hat es verstanden, aus einer Geheimwissenschaft durch allgemein verständliche Darstellung die Basis für ein weltweites Hobby zu legen.

FRANZIS

ISBN 3-7723-0091-X